

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DESENVOLVIMENTO DE UM REGISTRADOR DE PERTURBAÇÕES  
NOS SISTEMAS ELÉTRICOS

POR

EDUARDO ANTONIO CÉSAR DA COSTA

CAMPINA GRANDE  
JUNHO - 1991

EDUARDO ANTONIO CÉSAR DA COSTA

DESENVOLVIMENTO DE UM REGISTRADOR DE PERTURBAÇÕES  
NOS SISTEMAS ELÉTRICOS

Dissertação apresentada ao Curso  
de MESTRADO EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA da Universidade Federal  
da Paraíba, em cumprimento às  
exigências para obtenção do grau  
de Mestre.

MISAEEL ELIAS DE MORAIS

GURDIP SINGH DEEP

RAIMUNDO CARLOS SILVERIO FREIRE

Orientadores

CAMPINA GRANDE  
JUNHO - 1991

DIS-  
CÓPIA  
132



C837d Costa, Eduardo Antonio Cesar da  
Desenvolvimento de um registrador de perturbacoes nos sistemas eletricos / Eduardo Antonio Cesar da Costa. - Campina Grande, 1991.  
93 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Eletrica) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

1. Registrador de Perturbacao 2. Sistemas Eletricos 3. Dissertacao I. Morais, Misael Elias de, Dr. II. Deep, Gurdip Singh, Dr. III. Freire, Raimundo Carlos Silverio, Dr. IV. Universidade Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) V. Título

CDU 621.317.7(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

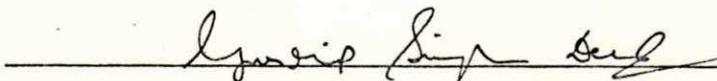
DESENVOLVIMENTO DE UM REGISTRADOR DE PERTURBAÇÃO NOS  
SISTEMAS ELÉTRICOS

EDUARDO ANTONIO CÉSAR DA COSTA

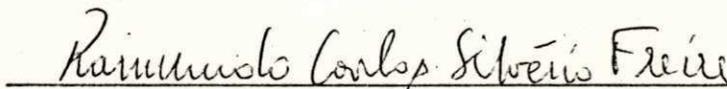
DISSERTAÇÃO APROVADA EM 13.06.91



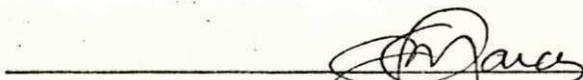
MISAEEL ELIAS DE MORAIS, Dr.Ing.  
Orientador



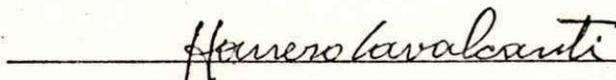
GURDIP SINGH DEEP, Ph.D.  
Orientador



RAIMUNDO CARLOS SILVÉRIO FREIRE, Dr.  
Orientador



ANTONIO MARCUS NOGUEIRA, Dr.  
Componente da Banca



JOSÉ HOMERO FEITOSA CAVALCANTI, M.Sc.  
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB  
JUNHO, 1991

"Cada fracasso ensina ao  
homem algo que ele precisava  
aprender." (Charles Dickens)

Aos meus pais, Geraldo Alves  
da Costa e Gláucia César da  
Silva Costa

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Agradeço em especial:

- Aos professores Misael Elias de Moraes, Gurdip Singh Deep e Raimundo Carlos Silvério Freire pela orientação;
- Aos professores Wellington Santos Mota e Drumond Xavier Cavalcanti Lima pela atenção e fornecimento de material para a dissertação;
- Aos amigos Angelo Perkusich, Giovanni Loureiro Cabral de Melo Gustavo Gibson da Silva, José Wallington Pereira Leal, Rinaldo Santos Júnior pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho;
- Aos professores Antônio Marcus Nogueira e José Homero Feitosa Cavalcanti, pela contribuição dada para a versão final da dissertação;
- À Companhia Hidroelétrica do São Francisaco (CHESF), pela oportunidade da realização deste trabalho e fornecimento de material necessário ao estudo para desenvolvimento deste. Em especial aos engenheiros Nivaldo Nascimento e Eduardo Fittipaldi;
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico (CNPQ) pelo fornecimento de bolsa de estudo.
- À minha família pelo apoio e incentivo.

## RESUMO

Apresenta-se a estrutura e as considerações do projeto de um registrador de perturbações em tempo real, em sistemas elétricos. Os dados adquiridos são processados posteriormente para avaliação do comportamento do sistema elétrico.

O registrador proposto é constituído de duas unidades, sendo uma destinada à aquisição de dados (UAD) e a outra destinada ao processamento dos dados adquiridos (UPD).

Na UAD é efetuada a monitoração do sistema elétrico pela aquisição de dados do sistema. Posteriormente os dados adquiridos são analisados na UPD, na forma de gráficos representando o comportamento das grandezas do sistema elétrico (frequência, potência ativa, potência reativa e tensão).

O registrador de perturbação proposto permite uma flexibilidade do ponto de vista da programação do tipo de perturbação a ser registrada. Isto significa que o operador do sistema pode fazer um estudo do comportamento do sistema elétrico, à partir de condições pré-definidas.

O registrador de perturbação engloba uma placa de aquisição de dados, à partir da qual é realizada a monitoração do sistema elétrico e um microcomputador do tipo IBM-PC, onde é efetuado o estudo do comportamento do sistema elétrico, à partir da análise gráfica das grandezas.

## ABSTRACT

The structure and design considerations of an event or perturbation recorder, for on-line supervision of electric power systems is described. The data acquired by this system is stored in the mass memory for off-line processing and analysis.

The proposed register is composed by the Data Acquisition Unit (DAU) and the Data Processing Unit (DPU).

The electric power system monitoring is made in the DAU, by the data acquisition of the system. After, the acquired data are analysed in the DPU in graphics form, presenting the behaviour of the electric system variables (frequency, active power, reactive power and voltage).

The proposed perturbation register permit a flexibility in the programming of the type of the registered perturbation. This means that the system-operator can study the behaviour of electric power systems from pre-definited conditions.

The perturbation register englobes a data acquisition board, from which is realized the monitoring of the power system, and an IBM-PC microcomputer, that realizes a study about the behaviour of the electric system by use of a graphic analyse of the variables.

## ÍNDICE

	Página
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO .....	1
I.1- O Sistema Elétrico de Potência.....	2
I.2- Estudo do Comportamento do Sistema Elétrico ....	5
I.3- Organização do Trabalho.....	8
CAPÍTULO II	
PERTURBAÇÕES NO SISTEMA ELÉTRICO	
II.1- Condições de Operação dos Sistemas Elétricos:....	11
II.2- Importância do Estudo das Perturbações no Sistema Elétrico.....	13
II.3- Tipos de Perturbações.....	15
II.4- Monitoração de Perturbações nos Sistemas Elétricos.....	18
II.5- Resumo.....	20
CAPÍTULO III	
PROPOSTA DE UM REGISTRADOR DE PERTURBAÇÃO	
III.1- Considerações.....	22
III.2- Configuração do Sistema Proposto.....	24
III.2.1- Transformação de Valores.....	26
III.3- Características Gerais do Sistema Proposto....	27
III.4- Considerações de Hardware para o Sistema Proposto.....	29
III.5- Resumo.....	34





sistema, contida no arquivo selecionado em A2.1.....	81
APÊNDICE A5.1 - Tela de seleção de área do gráfico para ampliação.....	82
APÊNDICE A5.2 - Tela de zoom de área selecionada em A5.1	82
APÊNDICE A6 - Tela para a geração de curvas.....	83
APÊNDICE A7.1 - Tela de definição de parâmetros para modificação do gráfico.....	84
APÊNDICE A7.2 - Tela do gráfico modificado.....	84
APÊNDICE A8 - Tela da tabela com alguns valores de uma das grandezas do sistema em unidade de en- genharia, do arquivo selecionado em A2.1	85
APÊNDICE B - Fluxogramas das unidades de aquisição e processamento de dados.....	86
APÊNDICE B1 - Fluxograma da UAD.....	87
APÊNDICE B2 - Fluxograma da UPD.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

- Z1 - Número decimal equivalente a  $2^{N-1}$
- Val - Valor do período de amostragem utilizado na rotina período de amostragem
- Tam - Período de amostragem lido do teclado
- f - Frequência de clock da CPU do microcontrolador
- Nc - Número de ciclos utilizados na rotina período de amostragem
- Na - Número de amostras antes da perturbação
- Nd - Número de amostras após o momento da perturbação
- Ta - Tempo para aquisição de dados antes da perturbação
- Td - Tempo para aquisição de dados após o momento da perturbação
- desl - Deslocamento no arquivo para leitura dos dados referentes à grandeza selecionada
- Xplot - Fator de deslocamento
- S - Espaço reservado no arquivo para armazenamento dos parâmetros do sistema
- Graf - Incremento de pontos de tela gráfica
- Graf1 - Número de amostras por ponto de tela gráfica
- j - Incremento do número de amostras de uma grandeza
- q - Ponto máximo de tela gráfica para o comprimento total do gráfico
- u - Deslocamento do eixo Y em relação à origem
- Quant - Valor correspondente ao número da amostra à partir de onde os dados serão lidos do arquivo
- x1 - Valor do primeiro ponto da janela gráfica
- x2 - Valor do segundo ponto da janela gráfica
- Quant1 - Valor que dá o número de pixels por amostra

## LISTA DE SÍMBOLOS

- X<sub>real</sub> - Valor da grandeza em unidade de engenharia
- X<sub>0</sub> - Valor da grandeza correspondente à corrente nula na saída do transdutor
- X<sub>f</sub> - Valor da grandeza correspondente à corrente de 5 mA na saída do transdutor
- n - Número decimal equivalente à palavra binária na saída do conversor A/D, para qualquer valor da grandeza de entrada a qual varia entre 0 e  $2^N-1$
- N - Número de bits do conversor A/D
- V<sub>s</sub> - Tensão correspondente ao limite inferior da faixa de variação da grandeza real
- k - Ganho do amplificador
- a - Resolução do conversor A/D
- i - Corrente dc na saída do transdutor
- R - Resistor que transforma a corrente dc da saída do transdutor em tensão diferencial
- V - Tensão de saída do amplificador diferencial
- V<sub>1</sub> - Tensão de saída do subtrator
- Z - Número decimal a ser enviado à UAD, o qual varia entre 0 e  $2^N-1$
- V - Valor real da grandeza
- V<sub>1</sub> - Valor correspondente ao limite inferior da faixa de variação da grandeza real
- V<sub>2</sub> - Valor correspondente ao limite superior da faixa de variação da grandeza real

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

- UAD - Unidade de Aquisição de Dados
- UPD - Unidade de Processamento de Dados
- CPU - Central Processing Unit  
(Unidade Central de Processamento)
- PIO - Parallel Input/Output  
(Entrada/Saída Paralela)
- SIO - Serial Input/Output  
(Entrada/Saída Serial)
- RTC - Real Time Clock  
(Relógio de Tempo Real)
- E/S - Entrada/Saída
- RAM - Random Access Memory  
(Memória de Acesso Aleatório)
- ROM - Read Only Memory  
(Memória Somente de Leitura)
- EPROM - Erasable Programmable Read Only Memory  
(Memória Somente de Leitura Apagável e Programável)
- EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read Only Memory  
(Memória Somente de Leitura Eletricamente Apagável e Programável)

Figura 6.4 - Expansão das entradas digitais utilizando multiplexador.....	72
Figura 6.5 - Resultado de um teste realizado para validação do sistema proposto.....	72

Figura 5.2 - Diagrama de blocos da estrutura de software da UAD.....	44
Figura 5.3 - Mapa de endereços para armazenamento dos dados das grandezas medidas.....	45
Figura 5.4 - Caracterização dos buffers para armazenamento dos dados.....	46
Figura 5.5 - Diagrama de blocos da estrutura de software da UPD.....	48
Figura 5.6 - Relação entre a variação do valor real da grandeza e do número decimal que varia de 0 a $2^N-1$ .....	50
Figura 5.7 - Quadro dos códigos que definem a lógica de gatilho.....	51
Figura 5.8 - Definição dos canais ativos.....	55
Figura 5.9 - Diagrama Nassi Schneiderman para definição dos canais ativos.....	55
Figura 5.10- Composição do nome do arquivo de dados.....	56
Figura 5.11- Exemplo da formação do nome de um arquivo de dados.....	57
Figura 5.12- Diagrama Nassi Schneiderman para a lógica de leitura dos dados em arquivo.....	59
Figura 6.1 - Divisor de tensão para os canais do conversor A/D.....	70
Figura 6.2 - Expansão das entradas analógicas utilizando estrutura de multiplexadores.....	70
Figura 6.3 - Estrutura para simulação de uma das entradas digitais.....	71

## LISTA DAS FIGURAS

	Página
Figura 1.1 - Diagrama de Blocos da Estrutura de um Sistema de potencia.....	3
Figura 1.2a- Representacao do sistema radial.....	5
Figura 1.2b- Representacao do sistema em anel.....	5
Figura 2.1 - Integração; estudo, planejamento e operação dos sistemas elétricos.....	14
Figura 2.2 - Faixa de frequência de ocorrência de alguns dos transitórios mais comuns no sistema elétrico.....	16
Figura 3.1 - Ligação do registrador de perturbação ao sistema elétrico.....	24
Figura 3.2 - Curva de resposta dos transdutores.....	25
Figura 3.3 - Identificação dos regimes permanente e transitório de origem eletromecânica e dos tempos anterior e posterior ao transitório	28
Figura 3.4 - Arquitetura de hardware do sistema proposto baseada no microprocessador Z80 .....	31
Figura 3.5 - Arquitetura de hardware do sistema proposto baseada no microcomputador PC .....	33
Figura 4.1 - Diagrama de blocos da estrutura geral de hardware .....	36
Figura 4.2 - Diagrama de blocos da arquitetura da placa inteligente.....	37
Figura 5.1 - Diagrama de blocos da estrutura geral de software .....	43

## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica, resultante do aumento significativo, tanto qualitativo quanto quantitativo de suas sub-estações, tem levado as empresas do setor energético a estruturarem a operação de seus sistemas baseado no uso de tecnologia de informática [Comitê de Estudo 34, 1987].

O uso desta tecnologia vem permitindo a integração harmoniosa entre alternativas de supervisão e controle e de estudos e análise mais confiáveis. Essa integração resulta numa operação mais eficiente do sistema elétrico como um todo [Costa, 1990].

No sentido de se ter um planejamento adequado dos sistemas elétricos, objetivando seu melhor desempenho, estudos têm sido realizados para a análise do comportamento do sistema em regime permanente e em condição transitória.

Nesses estudos, existe a necessidade de se representar, partes do sistema elétrico em regime permanente e em condição transitória.

A representação em regime permanente, não apresenta dificuldade, já que é a condição de operação em que se encontra o sistema na grande maioria de seu tempo de operação. A representação em regime transitório exige maior atenção por parte dos pesquisadores, por acontecer em intervalo de tempo com duração muito curta, tipicamente de 0.7 a 4 seg [Farias, 1988].

Por este motivo, vários pesquisadores estimulam o sistema

através de chaveamentos de reatores e capacitores, ou mesmo a energização de transformadores para medição de transitórios. Esta técnica apresenta discrepância quando comparada com a realidade, por apresentar estímulos "pré-fabricados".

Este trabalho apresenta um sistema microprocessado que observa continuamente o sistema elétrico e que detecta e registra automaticamente informações pré-definidas, como transitórios.

A seguir apresentam-se conceito e considerações sobre o sistema elétrico, o estudo do comportamento de sistemas elétricos e a proposta de algumas arquiteturas de sistemas supervisórios para a análise do comportamento do sistema elétrico.

### I.1- O Sistema Elétrico de Potência

Um sistema elétrico de potência é um circuito elétrico que representa fisicamente a geração e a transmissão de energia elétrica.

Os nós do circuito elétrico são as barras do sistema, onde estão ligadas as unidades geradoras e as cargas. Os ramos do circuito são as linhas de transmissão por onde circulam o fluxo de potência ativa e reativa do sistema.

No sistema de potência deve-se determinar a tensão (em módulo e fase) em todas as barras, o fluxo de potência ativa e reativa em todas as linhas bem como as gerações (P e Q) em todas as unidades geradoras, para que sejam supridas as diversas cargas deste sistema.

A figura 1.1 mostra esquematicamente como é estruturado um sistema elétrico típico, do ponto de vista dos níveis de tensão

através de chaveamentos de reatores e capacitores, ou mesmo a energização de transformadores para medição de transitórios. Esta técnica apresenta discrepância quando comparada com a realidade, por apresentar estímulos "pré-fabricados".

Este trabalho apresenta um sistema microprocessado que observa continuamente o sistema elétrico e que detecta e registra automaticamente informações pré-definidas, como transitórios.

A seguir apresentam-se conceito e considerações sobre o sistema elétrico, o estudo do comportamento de sistemas elétricos e a proposta de algumas arquiteturas de sistemas supervisórios para a análise do comportamento do sistema elétrico.

### I.1- O Sistema Elétrico de Potência

Um sistema elétrico de potência é um circuito elétrico que representa fisicamente a geração e a transmissão de energia elétrica.

Os nós do circuito elétrico são as barras do sistema, onde estão ligadas as unidades geradoras e as cargas. Os ramos do circuito são as linhas de transmissão por onde circulam o fluxo de potência ativa e reativa do sistema.

No sistema de potência deve-se determinar a tensão (em módulo e fase) em todas as barras, o fluxo de potência ativa e reativa em todas as linhas bem como as gerações (P e Q) em todas as unidades geradoras, para que sejam supridas as diversas cargas deste sistema.

A figura 1.1 mostra esquematicamente como é estruturado um sistema elétrico típico, do ponto de vista dos níveis de tensão

[Elgerd, 1976].

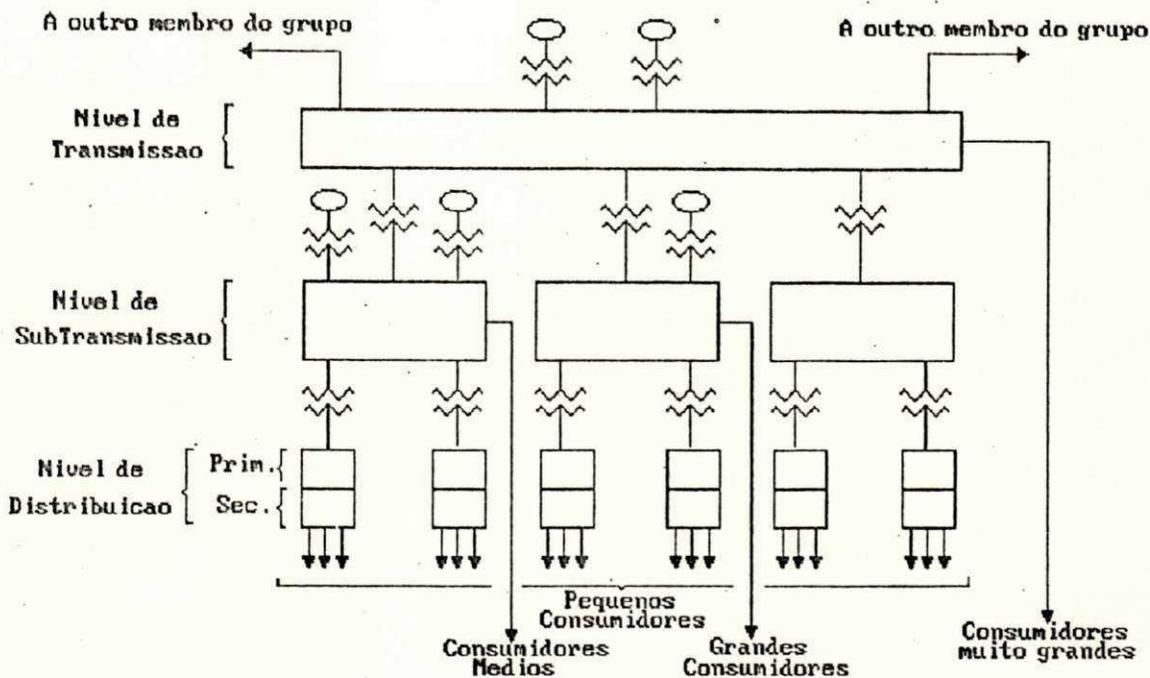


Fig. 1.1: Diagrama de Blocos da Estrutura de um Sistema de Potência [Elgerd, 1976]

#### • Nível de Distribuição

Os circuitos de distribuição, alimentados à partir das subestações de distribuição (estações de transformadores - 69/13.8 KV), fornecem energia aos consumidores pequenos (domésticos) e médios (pequenas indústrias e comércio), dentro de dois níveis:

1. tensão primária, ou de alimentação (por exemplo, 13.2 KV)
2. tensão secundária, ou de consumidor (por exemplo, 120/240 V).

#### • Nível de SubTransmissão

Os circuitos de subtransmissão distribuem energia às subestações de distribuição localizadas numa certa área

geográfica, num nível de tensão que, em geral, varia entre 11 e 138 KV. Eles recebem energia diretamente da barra do gerador na estação de geração, ou por meio de subestações de potência (230/69 KV). Os grandes consumidores são servidos diretamente por essas estações.

#### • Nível de Transmissão

Um sistema de transmissão não só lida com maiores blocos de potência, como também interliga as estações geradoras e todos os pontos de maior carga do sistema.

A diferença fundamental nos objetivos do sistema de transmissão comparado com o dos de subtransmissão e de distribuição é evidenciada na estrutura de rede. Enquanto os dois últimos são geralmente (mas nem sempre) de estrutura radial (fig. 1.2a), onde se tem a energia fluindo numa direção predominante, o sistema de transmissão costuma ter uma estrutura em anel (fig. 1.2b), onde a energia pode ser conduzida, geralmente, em qualquer direção desejada, nas várias malhas do sistema de transmissão.

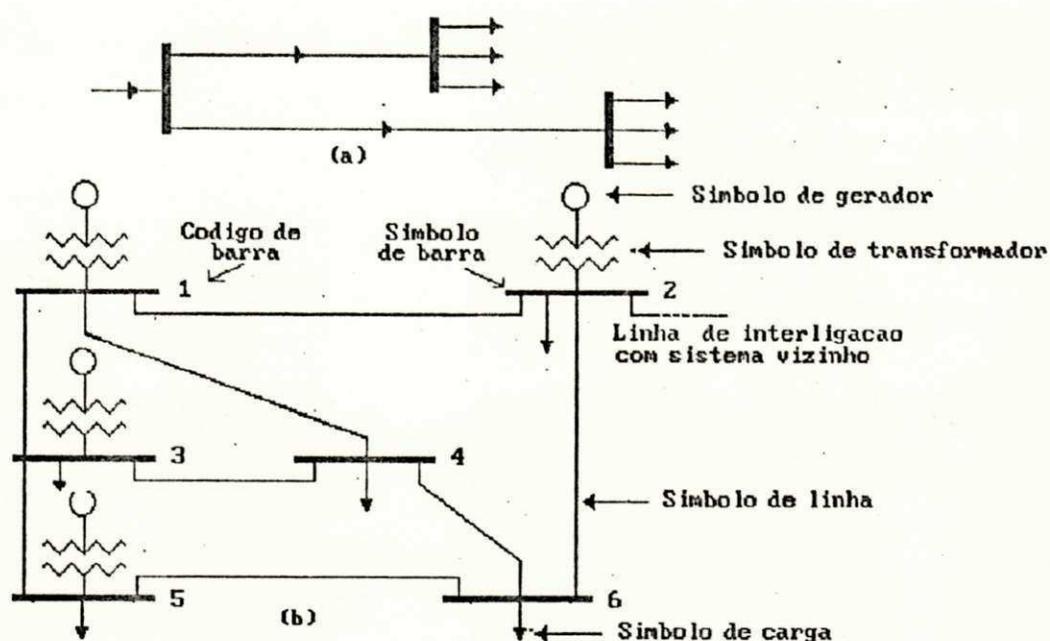


Fig. 1.2: Representação dos Sistema Radial (a) e em Anel (b)  
 [Elgard, 1976]

## 1.2- Estudo do Comportamento do Sistema Elétrico

Atualmente, os estudos para análise do comportamento de sistemas elétricos, incluem computadores para sistemas de aquisição e processamento de dados. Estes estudos permitem a verificação da ocorrência de possíveis perturbações no sistema. Essas perturbações podem ser provenientes, por exemplo por perda de uma grande unidade geradora provocando um desequilíbrio entre geração e carga (Fig. 1.1), ou mesmo queda de uma linha de transmissão afetando a interligação entre sistemas vizinhos (Fig. 1.2b).

Em alguns casos, esses computadores são utilizados em aplicações, onde se tem perturbações provocadas no sistema para determinados tipos de eventos. Isto pode ser observado por

exemplo, no sistema de aquisição de dados proposto por Lee e Osborn (1985), desenvolvido para análise de faltas de alta impedância no sistema, que são provocadas por quebra ou queda dos condutores de distribuição de energia elétrica, gerando correntes de magnitude de 0 a 100 amperes. Os testes realizados para este tipo de aplicação são efetuados sob condições controladas, ou seja, não são reações naturais do sistema elétrico.

Um outro sistema, denominado *Surge Analyser*, proposto por Odenberg e Braskich (1985), envolve uma aplicação, onde se tem a medição de distúrbios de tensão e corrente na linha de potência C.A. em ambientes industriais.

Com o passar dos anos, vem crescendo o interesse na utilização desses sistemas supervisórios para a análise do comportamento dinâmico do sistema elétrico, principalmente devido ao aumento significativo das interligações, o que vem tornando os sistemas elétricos mais susceptíveis à perturbações.

Neste sentido, alguns sistemas para aquisição de dados para análise do comportamento do sistema elétrico tem sido desenvolvidos e utilizados, como por exemplo o sistema proposto por Perry et al. (1988) para monitoração do desempenho dinâmico do sistema elétrico.

Entretanto, na utilização deste sistema para monitoração do sistema elétrico, surgiram algumas falhas na detecção de perturbações no sistema, o que levou Hauer e Vakili (1989) a desenvolverem um sistema mais sensível a oscilações para detecção de distúrbios no sistema.

Aliás, o aspecto da detecção do momento da perturbação (gatilho), é um fator que tem sido levado em consideração nos

do valor de operação normal das grandezas do sistema elétrico. A falta de um sistema adequado para detecção desses distúrbios, pode gerar um volume muito grande de dados armazenados, exigindo-se uma grande quantidade de memória.

Isto pode ser observado nos sistemas propostos por Ashmole e Caprio (1988), para registro de longas perturbações no sistema elétrico, utilizados respectivamente na Central Electricity Generating Board (Londres, Inglaterra) e na Ente Nazionale per L'Energia Elettrica Monzese (Milão, Itália). A capacidade de memória utilizada para estes sistemas, permite o armazenamento contínuo de dados durante um dia para o primeiro sistema, enquanto para o segundo tem-se uma capacidade de memória que permite o armazenamento contínuo de dados durante oito horas, sendo a taxa de amostragem de 100 ms para os dois sistemas. O sistema proposto por Caprio, porém, efetua gravações gatilhadas pela detecção de perturbações no sistema. Essas perturbações são detectadas usando algoritmos operando "on-line", onde pode-se ter por exemplo, a detecção de uma perturbação próxima a um barramento de 220 KV, causando variações de tensão maiores do que 5 KV.

Como pode-se notar, existe uma preocupação em desenvolver técnicas de detecção do início da perturbação em sistemas elétricos.

Isto pode ser observado nos sistemas propostos por Choi e Carison (1987) e Lee (1988), onde o registro de uma perturbação no sistema elétrico é efetuado pela mudança de valor programado de um dos canais do registrador ou pela mudança de estado das entradas digitais.

de um dos canais do registrador ou pela mudança de estado das entradas digitais.

No sistema proposto por Choi e Carison, há uma opção adicional para programação do registro de perturbações no sistema à partir de um painel, onde chaves podem ser selecionadas.

Em resumo, pode-se afirmar que a preocupação na análise do comportamento do sistema elétrico, levando em consideração possíveis distúrbios no sistema, tem crescido bastante, visto a tentativa de se ter um aperfeiçoamento cada vez maior dos sistemas utilizados na monitoração do sistema elétrico. O aperfeiçoamento desses sistemas visa o registro de perturbações reais do sistema elétrico.

O trabalho proposto, visa criar um sistema para aquisição e processamento de dados do sistema elétrico, onde se tenha a monitoração constante deste e onde se tenha a definição dos parâmetros do sistema como o tipo de perturbação ou evento a ser registrado, tempo de registro anterior e posterior ao momento da perturbação, programados à nível de software.

### I.3- Organização do Trabalho

No capítulo II são apresentados alguns conceitos sobre as condições de operação do sistema elétrico, a importância do estudo das perturbações no sistema elétrico, alguns tipos de perturbações a que o sistema elétrico está sujeito e finalmente mostra os equipamentos atualmente utilizados no Brasil, pelas empresas do setor energético para o registro de perturbações.

No capítulo III são apresentadas as características, bem

como algumas considerações do registrador proposto, a estrutura do sistema proposto, mostrando a ligação das unidades de aquisição e processamento de dados ao sistema elétrico e finalmente alternativas de hardware para o sistema proposto.

No capítulo IV, apresenta-se a estrutura geral do hardware, a aplicação de uma placa inteligente baseada no microcontrolador MC68HC11 como unidade de aquisição de dados. São mostradas a arquitetura da placa, as vantagens apresentadas em relação a outros sistemas e a comunicação com a unidade de processamento de dados.

No capítulo V, apresentam-se a estrutura geral de software e os aspectos de desenvolvimento de software do sistema proposto.

No capítulo VI, apresentam-se os testes realizados para validação do sistema proposto.

Finalmente no capítulo VII, tem-se a conclusão do trabalho, apresentando sugestões para posteriores desenvolvimentos no trabalho proposto.

## CAPÍTULO II

### PERTURBAÇÕES NO SISTEMA ELÉTRICO

A investigação de perturbações no sistema de distribuição de energia elétrica, torna-se importante à medida em que se procura o perfeito equilíbrio entre o fornecimento de energia elétrica e o consumo desta.

De fato, uma perturbação no sistema, que pode ser causada por exemplo, pela operação de cargas especiais no sistema, pode provocar mal funcionamento ou danos em equipamentos elétricos, tanto da concessionária quanto dos consumidores [Bronzeado, 1986].

Segundo Bronzeado (1986), cargas especiais são aquelas que, durante a sua operação normal, são susceptíveis de provocar distorção, flutuação, desequilíbrio ou afundamentos de tensão no sistema ao qual estão ligadas (Ex: fornos a arco, retificadores, máquinas de solda, laminadores).

Neste sentido, é importante fazer estudos para avaliação dessas perturbações, para que se tenha o controle adequado dos efeitos indesejáveis desses distúrbios, e conseqüentemente se tenha um planejamento adequado visando cada vez mais o equilíbrio entre o fornecimento e o consumo de energia elétrica.

Neste capítulo abordam-se alguns conceitos sobre as condições de operação de sistemas de distribuição de energia elétrica, a importância do estudo das perturbações, os tipos de perturbação e finalmente mostra os equipamentos utilizados atualmente no Brasil, pelas empresas do setor energético para o

registro das perturbações no sistema elétrico.

## II.1 - Condições de Operação dos Sistemas Elétricos

No estudo dos sistemas elétricos, deve-se considerar a condição de operação a que eles podem ser submetidos. Os seguintes tipos de operação do sistema elétrico são apresentados por Venikov (1977):

- **Operação em regime permanente normal**

Neste modo de operação, tem-se uma base para se projetar um sistema elétrico e determinar suas principais características técnicas (tensão em módulo e fase nas barras do sistema, fluxo de potência nas linhas) e características econômicas (geração otimizada de potência ativa e reativa nas diversas unidades geradoras do sistema para suprimento das cargas);

- **Operação transitória normal**

Neste modo de operação, tem-se a mudança de um estado permanente do sistema para outro estado permanente;

- **Operação transitória de falta**

Esse modo de operação fornece uma base para se determinar o desempenho do sistema elétrico, com a análise de suas características técnicas e para se fazer a ação corretiva apropriada;

- **Operação em regime permanente pós-falta**

Esse modo de operação geralmente causa mudanças na conexão normal do sistema, tal como o desligamento de um ou mais de seus elementos. Nesse modo de operação, o sistema elétrico pode exibir as piores características técnicas e econômicas, quando comparado

com o modo de operação normal.

Em um sistema elétrico, as condições transitórias são caracterizadas pela variação das variáveis de operação do sistema (potência, tensão, corrente, frequência, fluxo de potência ativa e reativa nas interligações). Essas condições transitórias aparecem no sistema elétrico devido à presença de pequenas ou grandes perturbações [Venikov, 1977].

A condição transitória normal, por exemplo, surge quando se tem ações de operação normal no sistema. Essas operações envolvem chaveamentos em reatores e capacitores, chaveamento de linhas de transmissão.

Sob a condição de ações operacionais normais no sistema, surgem pequenas perturbações, que entretanto, não chegam a alterar sua estabilidade, podendo-se afirmar que o sistema nessas condições apresenta estabilidade de regime permanente.

Sobre o conceito de estabilidade de regime permanente, Venikov (1977) define como sendo a capacidade do sistema recuperar sua condição de operação inicial após pequenas perturbações, ou a capacidade do sistema operar em uma condição bem próxima da inicial, quando ainda se tem pequenas perturbações presentes.

Diante da presença de grandes perturbações, o sistema apresenta as condições transitórias normal e de falta, devido a fenômenos inesperados, tais como: o aparecimento de curto-circuito, ou mesmo queda de linhas de transmissão, trazendo substanciais alterações no comportamento do sistema elétrico.

Quando se leva em consideração a presença de grandes

perturbações no sistema elétrico, pode-se afirmar que o sistema opera em regime de estabilidade transitória, que segundo Venikov (1977) pode ser definida como a capacidade do sistema recuperar sua condição inicial, ou uma condição bem próxima da inicial, após grandes perturbações.

## II.2- Importância do Estudo das Perturbações no Sistema Elétrico

Apesar de na maior parte do tempo, os sistemas elétricos operarem em regime permanente, eles devem ser projetados para suportar situações desfavoráveis, onde condições transitórias são impostas ao sistema [D'Ajuz et alli, 1987].

Neste sentido o estudo de perturbações no sistema elétrico, torna-se um fator importante para que se tenha um planejamento do sistema, tendo-se subsídios para:

- o dimensionamento dos equipamentos, para que estes possam operar com certa margem de segurança diante das perturbações;
- o ajuste dos sistemas de proteção;
- o estabelecimento de possíveis restrições de operação no sistema;
- o estudo confiável da modelagem de carga.

Para a obtenção de informações sobre os efeitos das perturbações no sistema elétrico, tem-se realizado estudos, à partir de simulação digital [Filho e Bonatti, 1990], [Júnior e Tibúrcio, 1990]. Este tipo de estudo, visa criar uma série de recomendações e alternativas para o planejamento e a correta operação do sistema elétrico, à partir de dados operacionais e

modelos do sistema que possam representar os vários fenômenos transitórios (Fig.2.1).



Fig. 2.1: Integração: estudo, planejamento e operação dos Sistemas Elétricos

Na utilização de simulações de perturbações no sistema elétrico, não se tem conseguido precisão dos resultados obtidos, visto não se utilizar dados reais das perturbações ocorridas no sistema elétrico.

Neste sentido, várias metodologias têm sido investigadas para análise do comportamento do sistema elétrico em regime permanente e na condição transitória, à partir da aquisição de dados do sistema, para se ter uma comparação dos resultados obtidos na condição real e na condição simulada. Porém, alguns dos sistemas empregados, não tem fornecido resultados satisfatórios, pelo fato das perturbações serem estimuladas no sistema, ou seja, não se tem o registro de perturbações reais do sistema elétrico [Dovan et alli, 1987], [Kent et alli, 1969], [Inicieto e Capasso, 1974], [Sabir e Lee, 1982].

A aquisição de dados à partir de perturbações estimuladas

no sistema elétrico, embora forneça subsídios para o estudo da estabilidade do sistema elétrico, visto que o sistema precisa ser estimulado para se saber sua reação ao estímulo, não oferece informações conclusivas para o estudo por exemplo, da modelagem de carga [Calcon, 1987]. Neste caso, diante da dificuldade em se saber o comportamento da carga diante de perturbações reais do sistema, são realizados ensaios para pequenas variações de tensão, em torno de 5% do valor nominal [Farias, 1988], [Nguyen et alli, 1978], [Ohyama et alli, 1985]:

A falta de informações sobre as perturbações reais do sistema elétrico, impede uma análise satisfatória de alguns aspectos de operação dos sistemas elétricos, tais como:

- avaliação da reação do sistema diante de curto-circuitos;
- verificação da operação correta de equipamentos diante de perturbações;
- avaliação do comportamento do sistema em regimes estacionário e dinâmico.

### II.3- Tipos de Perturbações

Em geral, as perturbações nos sistemas elétricos são causadas por sobrecorrentes de curto-circuitos, sobre ou sub tensões, desvios de frequência, operação de relés, disjuntores, ou por um conjunto dessas ocorrências.

Na figura 2.2 são mostradas as faixas de frequência de ocorrência de alguns dos fenômenos transitórios mais comuns.

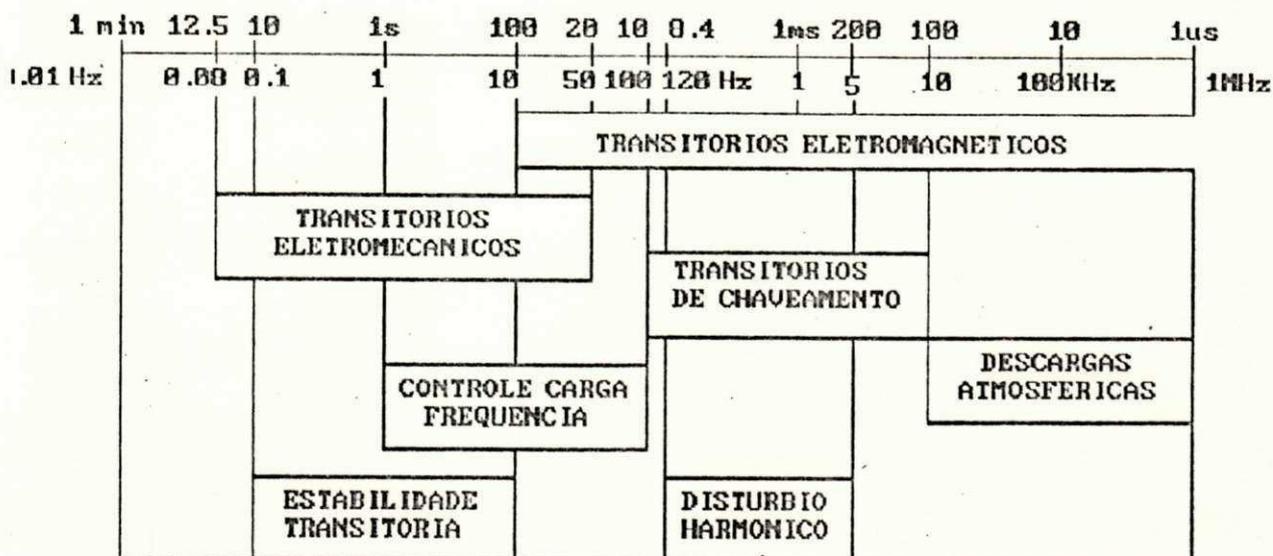


Fig. 2.2: Faixa de Ocorrência de Alguns dos Transitórios mais Comuns no Sistema Elétrico [D'Ajuz et alli, 1987]

Pela figura pode-se observar a faixa de frequência de ocorrência de transitórios de 0.08 Hz a 1 MHz.

Na faixa de 0.08 Hz a 50 Hz, por exemplo, pode-se identificar a ocorrência de transitórios do tipo eletromecânico, tendo-se associado a este tipo de transitório, duas faixas de frequência de ocorrência de perturbação:

- 0.1 Hz - 10 Hz:

Nesta faixa de frequência, a ocorrência de perturbação no sistema, está associada ao comportamento das máquinas síncronas de geração de energia. Segundo Mota (1986), um desequilíbrio entre geração e carga, provocado por uma grande perturbação como: curto-circuito no lado de alta tensão do sistema de geração ou perda de uma grande unidade geradora, pode levar as máquinas a operarem em um novo ponto de operação, levando o sistema a instabilidade transitória como definiu Venikov (1977).

• 1 Hz - 50 Hz:

Nesta faixa de frequência, a perturbação ocorre devido ao desequilíbrio entre geração e carga, que pode ser consequência da perda de carga do sistema pela saída automática de grandes consumidores.

Na faixa de frequência de 10 Hz a 1 MHz, tem-se a ocorrência de transitórios do tipo eletromagnético. Os transitórios eletromagnéticos aparecem no sistema elétrico, devido a distúrbios de grande magnitude que acarretam na geração e propagação de surtos no sistema [D'Ajuz et alli, 1987]. Segundo D'Ajuz et alli, (1987), surtos são ondas eletromagnéticas de curta duração.

Na faixa dos transitórios eletromagnéticos, tem-se três faixas de frequência de ocorrência de perturbações associadas:

• 100 Hz - 10 KHz:

Nesta faixa de frequência, as perturbações ocorrem devido a operações de manobra no sistema elétrico, tais como: rejeição de carga, chaveamento de transformadores. As perturbações decorrentes de manobra no sistema, podem ter frente de onda da ordem de dezenas de microssegundo e durar alguns ciclos de frequência fundamental (fig. 2.2).

• 10 Hz - 1 MHz:

Nesta faixa de frequência, as perturbações ocorrem devido a descargas atmosféricas. As perturbações decorrentes de descargas atmosféricas podem ter frente de onda da ordem de frações de microssegundo e durar poucas centenas de microssegundo (fig. 2.2).

- 120 Hz - 5 KHz:

Nesta faixa de frequência, também associada aos transitórios eletromagnéticos, surgem perturbações no sistema elétrico, devido a ocorrência de distúrbios harmônicos.

Os distúrbios harmônicos surgem no sistema elétrico, com a utilização de grandes conversores estáticos CA-CC, CA-CA, por empresas que necessitam de altos níveis de corrente contínua para o processo de obtenção de alumínio, cobre, cloro [Oliveira e Bronzeado, 1988].

O aparecimento de distúrbios harmônicos no sistema elétrico, afeta diretamente o sistema de fornecimento de energia, além de afetar os vários componentes do sistema, acarretando:

- perdas adicionais e aquecimento em máquinas elétricas;
- perdas adicionais em cabos e transformadores;
- interferências em relés de proteção que dependem dos valores de pico ou do zero da tensão ou corrente para sua operação.

#### II.4- Monitoração de Perturbações nos Sistemas Elétricos

O interesse das empresas do setor energético do Brasil, na utilização de registradores de perturbação, deve-se a necessidade em se ter informações sobre o desempenho real do sistema elétrico, para que à partir dessas informações, possa se realizar os necessários ajustes na operação do sistema quando necessário.

Atualmente, as empresas do setor energético dispõem de poucos equipamentos para registro do comportamento do sistema elétrico em relação à ocorrência das perturbações.

No caso das perturbações com origem em fenômenos

eletromecânicos, algumas informações são obtidas, à partir de registradores de papel e tinta, que são utilizados para a medição de grandezas do sistema elétrico (frequência, tensão, corrente, potência ativa e reativa). Essas informações são usadas para estabelecer a proteção, operação e manutenção do sistema elétrico.

Esses registradores apresentam tempo de resposta lento (da ordem de 750 ms a 1s), não oferecendo velocidade e precisão na apresentação dos dados para a análise do comportamento das grandezas medidas, devido a ocorrência de perturbação no sistema, fornecendo informação da existência da perturbação à partir dos valores de pico das grandezas medidas.

No intuito de realizar alguns registros de perturbações com origem em fenômenos eletromecânicos, as empresas do setor energético têm realizado alguns ensaios utilizando transdutores de potência ativa e reativa, tensão e corrente, com tempo de resposta entre 100 e 200 ms, acoplados a registradores gráficos (oscilógrafos).

A realização destes ensaios é efetuada à partir do registro de perturbações provocadas no sistema (chaveamento de capacitores e reatores, chaveamento de linhas de transmissão), ou seja, não se tem o registro de perturbações decorrentes de reações naturais do sistema elétrico.

A realização de ensaios no sistema elétrico à partir de perturbações provocadas, não é recomendável de acordo com as normas, visto este procedimento afetar diretamente os consumidores. Enquanto no Brasil ainda pode-se realizar o

registro de perturbações provocadas no sistema, em outros países este procedimento não é permitido, estando as empresas que provocam perturbações no sistema, sujeitas a severas punições.

Em relação às perturbações com origem em fenômenos eletromagnéticos, as empresas do setor energético não apresentam equipamentos adequados para o registro contínuo de perturbações decorrentes de operações de manobra, descargas atmosféricas ou distúrbios harmônicos.

Em relação aos distúrbios harmônicos, ainda é possível se realizar algumas medições no sistema, à partir da utilização de analisadores de espectro [Bronzeado, 1986].

Diante dos poucos equipamentos disponíveis nas empresas do setor energético do Brasil, para a análise do comportamento do sistema elétrico com o registro de perturbações decorrentes de reações naturais do sistema, torna-se necessário o desenvolvimento de registradores próprios para esta atividade que possam oferecer informações conclusivas sobre o desempenho real do sistema elétrico.

No capítulo seguinte é apresentada a proposta de um registrador de perturbações, com algumas arquiteturas de microcomputador para serem utilizadas como unidade de aquisição de dados do sistema elétrico (UAD) e unidade de processamento de dados (UPD) para análise do comportamento do sistema elétrico.

## II.5- Resumo

Neste capítulo apresentou-se os tipos de operação do sistema elétrico, bem como a importância em se fazer estudos

sobre perturbações no sistema elétrico. Mostrou-se também alguns dos tipos de perturbações mais comuns do sistema elétrico e suas faixas de frequência de ocorrência e finalmente apresentou-se os recursos atualmente utilizados pelas empresas do setor energético do Brasil para o registro das perturbações.

## CAPÍTULO III

### PROPOSTA DE UM REGISTRADOR DE PERTURBAÇÃO

O desenvolvimento de registradores de perturbação no sistema elétrico, vem satisfazer uma necessidade das empresas do setor energético, no sentido de se adquirir as informações sobre o comportamento do sistema elétrico.

Neste sentido, torna-se interessante se ter registradores de perturbação no sistema elétrico, onde à partir das informações obtidas, tenha-se subsídios para a análise do comportamento das grandezas do sistema elétrico, ou mesmo a verificação da operação real de equipamentos e onde se tenha um estudo confiável da modelagem de carga.

Neste capítulo apresentam-se as considerações e características do registrador proposto, a estrutura do sistema proposto onde se tem a ligação das unidades do sistema com o sistema elétrico e finalmente apresenta alternativas para as unidades do sistema proposto.

#### III.1 - Considerações

O registrador de perturbação proposto neste trabalho, limita-se ao registro de regime permanente e dos transitórios eletromecânicos.

Com o registro deste tipo de transitório, pode-se ter subsídios, por exemplo para a avaliação dos modelos de máquinas, sistemas de controle de velocidade, determinação do montante de perda de carga do sistema por saída automática de grandes

consumidores [Anônimos, 1984].

Embora, o registrador proposto neste trabalho limite-se ao registro de transitórios eletromecânicos, pode-se posteriormente ter os requisitos necessários para o registro em tempo real de transitórios eletromagnéticos.

Para o registro de transitórios eletromagnéticos, torna-se necessário a utilização de transdutores com tempo de resposta mais rápido [The IEEE Task Force on Instrumentation for System Dynamic Performance, 1987] e a definição de uma faixa de variação adequada de período de amostragem, de tal modo que se tenha um máximo de resolução na reprodução desses transitórios.

Dentro da faixa de ocorrência dos transitórios eletromagnéticos, pode-se posteriormente fazer a análise "off-line", dos distúrbios harmônicos, à partir da utilização por exemplo, de transformada de Fourier, de modo que os dados adquiridos do sistema elétrico possam ser analisados em termos de espectro de frequência [Bronzeado, 1986].

Como visto no capítulo I (item I.2), alguns sistemas são empregados para a análise do comportamento do sistema elétrico, à partir do registro de perturbações provocadas no sistema elétrico.

Diante da dificuldade de se provocar perturbações no sistema elétrico para que este oscile, para avaliação do seu comportamento, visto que este procedimento afeta o consumidor (item II.4), propõe-se um registrador de perturbação, que faça a análise de dados de perturbações sem provocar estas perturbações, ou seja o sistema observa e registra automaticamente os dados se ocorrer perturbação.

Com as informações obtidas no sistema de registro automático de perturbações, pode-se "filtrar" essas informações eliminando ruídos que não interessam em uma análise que seja feita dessas informações.

### III.2 - Configuração do Sistema Proposto

Na figura 3.1 apresenta-se a estrutura do sistema proposto para aquisição e processamento de dados em um sistema elétrico, mostrando a ligação do registrador de perturbação ao sistema elétrico.

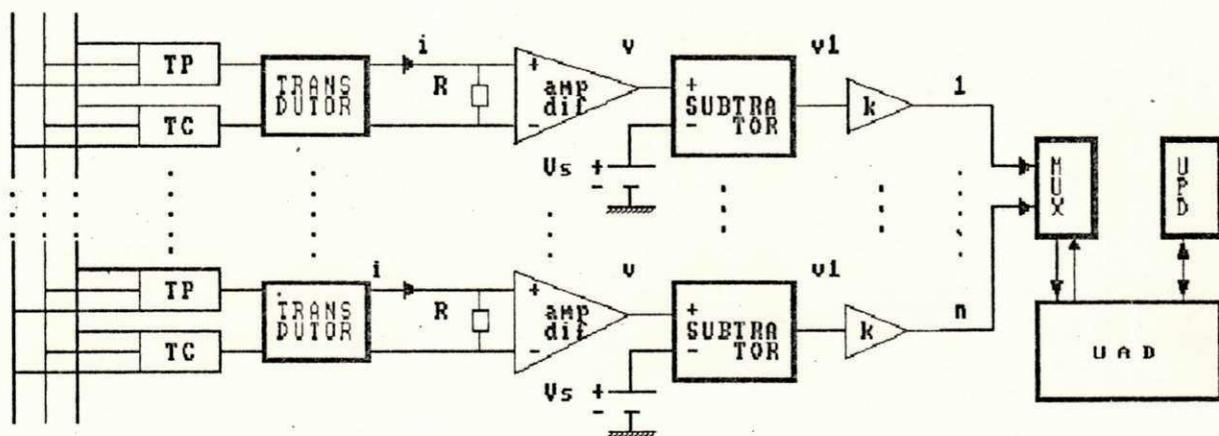


Fig. 3.1: Ligação do Registrador de Perturbação ao Sistema Elétrico

As grandezas supervisionadas são: Tensão, Potência Ativa e Reativa. Cada um dos transdutores representados na figura 3.1 é utilizado para uma dessas grandezas, fornecendo nas suas saídas, correntes dc proporcionais ao sinal de entrada. Estes transdutores são ligados à rede elétrica através dos

transformadores de potencial (TP) e de corrente (TC).

O transdutor é implementado de tal modo que, para o valor de uma certa grandeza variando de  $X_0$  a  $X_f$ , a corrente de saída do transdutor varia de 0mA a 5mA (fig 3.2).

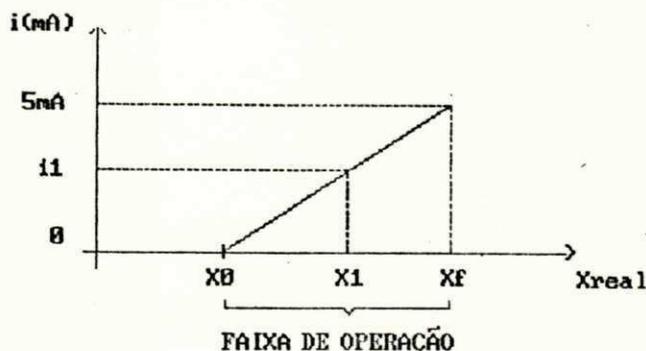


Fig. 3.2: Curva de Resposta dos Transdutores

A corrente dc na saída do transdutor, correspondente à grandeza de entrada, é transformada em tensão diferencial pelo resistor R (fig 3.1).

Usa-se em seguida, uma amplificação diferencial dessa tensão, minimizando-se os efeitos do ruído elétrico de modo comum.

A fim de se obter uma maior resolução, na representação digital do código binário que representa a parte variável das grandezas do sistema elétrico, precisa-se subtrair uma tensão dc constante ( $V_s$ ) e amplificar a diferença. O sinal na saída do amplificador é transferido ao conversor A/D através de um multiplexador. Na saída do conversor A/D obtém-se a representação binária do valor da grandeza de entrada.

Para a utilização destes sinais na unidade de processamento de dados (UPD), deve-se transformar os valores

binários da saída do conversor A/D, em valor correspondente às grandezas medidas do sistema real (unidade de engenharia).

Para isso, utiliza-se a curva de resposta dos transdutores representada na figura 3.2 e a transformação de valores descrita a seguir.

### III.2.1 - Transformação de Valores

A equação de transformação do valor binário de um dos sinais adquirido em valor real da grandeza correspondente deve conter todas as variáveis envolvidas, ou seja,

$$X_{\text{real}} = f(n, V_s, k, X_o, X_f, R) \quad (3.1)$$

onde se tem:

$X_{\text{real}}$  - Valor da grandeza no sistema real

$X_o$  - Valor da grandeza correspondente à corrente nula na saída do transdutor

$X_f$  - Valor da grandeza correspondente à corrente de 5 mA na saída do transdutor

$n$  - Número decimal equivalente à palavra binária na saída do conversor A/D, para qualquer valor da grandeza de entrada a qual varia entre 0 e  $2^N - 1$

onde  $N$  é o número de bits do conversor A/D

$V_s$  - Tensão correspondente ao limite inferior da faixa de variação da grandeza real

$k$  - Ganho do amplificador

Pela Fig 3.1, tem-se que:

$$i = \frac{V}{R} \quad (\text{mA}) \quad (3.2)$$

$$V_1 = V - V_s \quad (3.3)$$

$$k * V_1 = n * a \quad \text{----->} \quad V_1 = \frac{(n * a)}{k} \quad (3.4)$$

onde: a = resolução do conversor A/D

ou seja,  $a = \frac{\text{tensão máxima do conversor A/D}}{2^N}$

Pode-se observar pela figura 3.2 que:

$$X_{\text{real}} = X_o + \frac{(X_f - X_o)}{(5 - 0)} * i \quad (3.5)$$

De (3.2), (3.3) e (3.4), pode-se expressar o valor de i por:

$$i = \frac{1}{R} \left( V_s + \frac{(n * a)}{k} \right) \quad (3.6)$$

logo:

$$X_{\text{real}} = X_o + \frac{1}{R} \left( V_s + \frac{(n * a)}{k} \right) \left( \frac{(X_f - X_o)}{5} \right) \quad (3.7)$$

### III.3 - Características Gerais do Registrador de Perturbação

O registrador de perturbação proposto neste trabalho, é composto por duas unidades básicas que desempenham funções de aquisição de dados (UAD) e processamento dos dados (UPD), as quais são interligadas para que haja comunicação e transferência de dados entre elas.

A UAD faz a aquisição de dados constantemente com uma taxa de amostragem que é definida pelo operador do sistema, cuja

variação é de 200 us, até um máximo de 100 ms, tempo suficiente para o registro de transitórios do tipo eletromecânico. Quando uma perturbação é detectada são armazenadas também a data e a hora do seu início.

Ao término do registro da perturbação, os dados temporários da UAD (no máximo 1024 dados anteriores e 1024 dados posteriores ao início da perturbação para cada uma das grandezas), ficam disponíveis à UPD, para que haja nesta unidade a gravação dos dados em disco flexível para estudos posteriores.

A especificação ou definição do tipo da perturbação a ser registrada é feita pelo operador do sistema. Esta perturbação é dividida em três partes como mostra a figura 3.3:

- região estacionária inicial: região anterior à perturbação;
- região dinâmica: região onde é caracterizada a perturbação;
- região estacionária final: região posterior à perturbação.

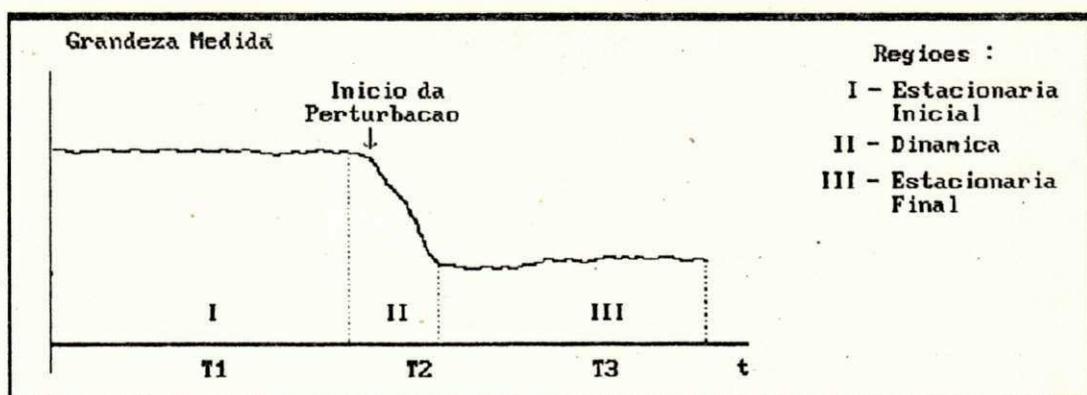


Fig. 3.3: Identificação dos regimes permanente e transitório de origem eletromecânica e dos tempos anterior e posterior ao transitório

### III.4- Considerações de Hardware para o Sistema Proposto

Como dito anteriormente (item III.3), o sistema é proposto com duas unidades básicas (UAD e UPD).

A UAD destina-se a aquisição de dados do sistema elétrico. A UAD possui 8 entradas analógicas e 16 entradas digitais.

Nas entradas analógicas são ligados os sinais dos transdutores, proporcionais às grandezas analógicas a serem supervisionadas (Fig. 3.1).

Nas entradas digitais são conectados diretamente (ou através de relés auxiliares) sinais provenientes de: contatos indicadores do estado dos equipamentos, atuação de relés de proteção.

A UPD desempenha as funções da definição da lógica de gatilho para registro das perturbações do sistema elétrico e a recepção e armazenamento em disco magnético dos dados enviados pela UAD.

A implementação do registrador de perturbação, com as unidades de aquisição e processamento de dados, pode ser feita usando diferentes arquiteturas de microcomputador. Uma das arquiteturas usadas, envolvendo um sistema para aquisição de dados baseado no microprocessador Z-80 com unidades de disco flexível para armazenamento dos dados adquiridos, é mostrada na figura 3.4. O microcomputador é composto pelos seguintes cartões:

- 1- cartão CPU-I, que inclui: microprocessador Z-80; 32 Kbytes de EPROM e 8 Kbytes de RAM para programar o sistema; porta serial com padrão RS-232C para comunicação com terminal de vídeo; portas paralela (PIO) para comunicação com console,

- impressora, painel de led's para indicação de falhas no sistema ou de disco cheio; contadores programáveis funcionando como relógio em tempo real (RTC);
- 2- cartão de interface para entradas digitais, utilizando porta paralela (PIO), que tem a capacidade de conexão de até 16 entradas;
  - 3- cartão conversor A/D, com frequência de amostragem de 40KHz, com a capacidade de até 8 canais; multiplexador analógico (8/1), para seleção das entradas analógicas;
  - 4- placa de memória com 64 Kbytes de RAM para armazenar os dados adquiridos do sistema supervisionado;
  - 5- placa controladora de unidades de disco flexível;
  - 6- unidades de disco flexível (2);
  - 7- banco de baterias para garantir a alimentação ininterrupta do sistema;
  - 8- placa para verificação da frequência e medição do ângulo entre fases.

Nesta arquitetura de microcomputador, o controle das placas de interface das entradas analógicas e digitais, é efetuado à partir da placa CPU-I, composta pelo microprocessador Z-80. Nesta placa (CPU-I), é executado o programa de monitoração do sistema elétrico à partir da aquisição de dados do sistema, tendo-se também o relógio em tempo real (RTC), para gravação de data e hora de ocorrência de perturbações no sistema.

Os dados adquiridos do sistema elétrico, são temporariamente armazenados em espaço de memória RAM disponível numa placa de extensão.

Posteriormente os dados adquiridos são gravados em discos flexíveis. À partir da unidade acionadora de disco flexível que funciona como unidade de processamento de dados, é também efetuada a definição de parâmetros para aquisição de dados do sistema elétrico (taxa de amostragem, tempo para aquisição de dados, definição do tipo de perturbação a ser registrado).

A medição da frequência é feita diretamente do ponto de alimentação do sistema elétrico à partir de uma placa de extensão, que também permite a verificação do ângulo entre fases do sistema.

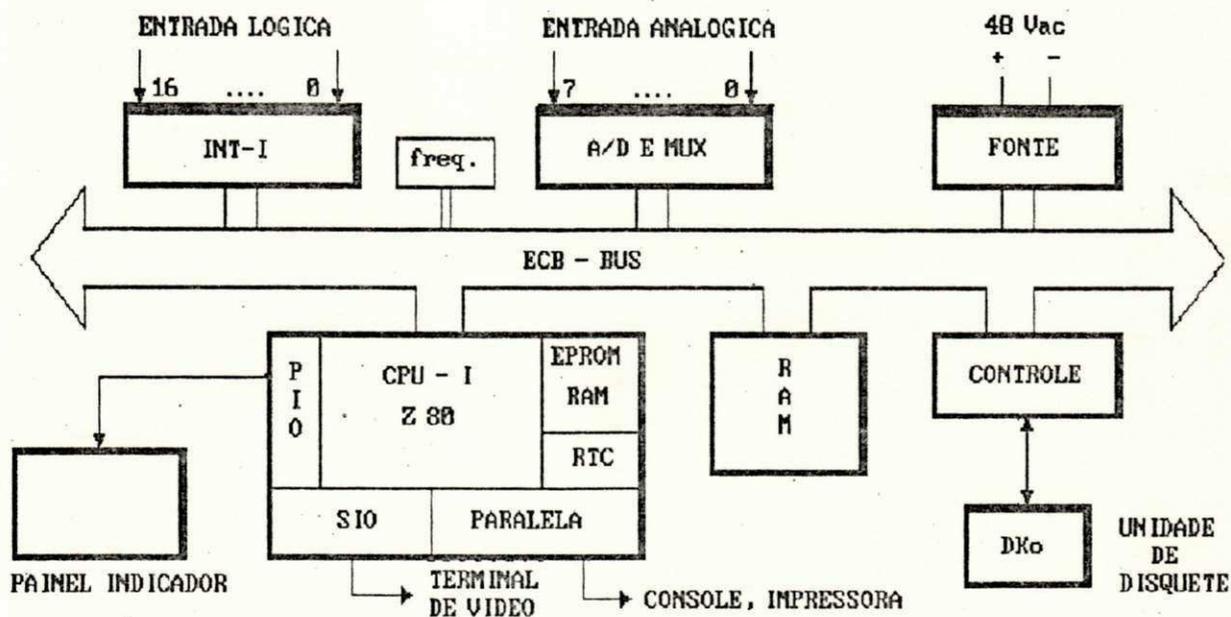


Fig. 3.4: Arquitetura de Hardware do Sistema Proposto Baseada no Microprocessador Z80

Uma outra arquitetura de microcomputador para a composição das unidades do sistema proposto, consiste na utilização de uma única placa para aquisição de sinais analógicos e/ou digitais do sistema elétrico, conectada ao barramento de um microcomputador

IBM-PC ou compatível (Fig 3.5).

A arquitetura do microcomputador é composta pelas seguintes placas:

- 1- placa mãe, que inclui: microprocessador 8088, controlador de interrupção, relógio em tempo real (RTC); memórias RAM (640 Kbytes e EPROM (8 Kbytes) para uma configuração básica de microcomputador PC com 4.77 MHz de "clock";
- 2- placa de interface de disco flexível;
- 3- placa de interface de vídeo (Ex: CGA);
- 4- placa de interface para as entradas analógicas e digitais, incluindo: conversor A/D que pode ter as mesmas características do conversor mencionado anteriormente, multiplexador (8/1) para seleção dos sinais de entrada e porta paralela de interface para as entradas digitais.

O controle da placa de interface das entradas analógicas e digitais, é realizado pela CPU do microcomputador-PC, onde é efetuada a lógica de gatilho para registro das perturbações do sistema elétrico, à partir da leitura das entradas analógicas e digitais.

Os dados adquiridos do sistema elétrico são temporariamente armazenados em memória RAM disponível no microcomputador-PC e posteriormente gravados em disco flexível ou disco rígido.

O registro de data e hora de ocorrência da perturbação no sistema elétrico, é efetuado à partir do relógio em tempo real do microcomputador-PC.

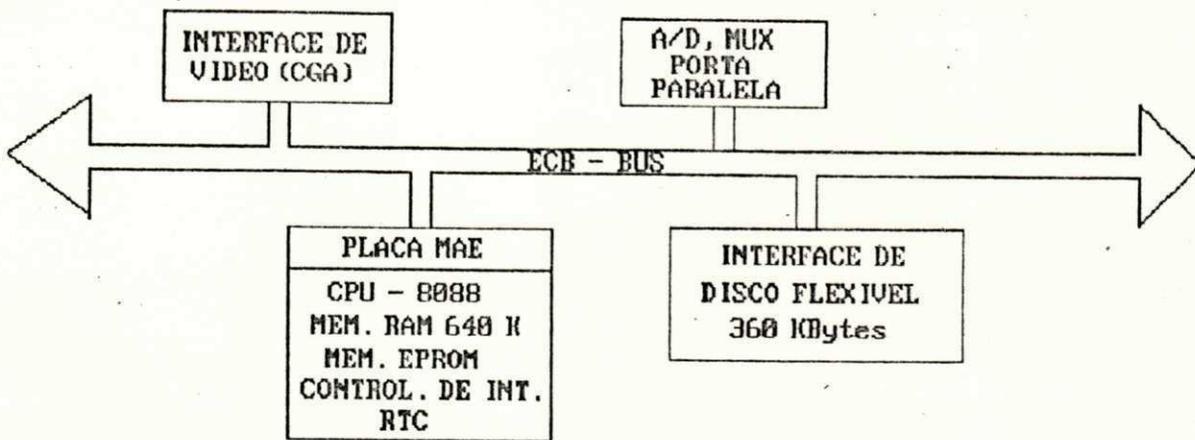


Fig. 3.5: Arquitetura de Hardware do Sistema Proposto Baseada no Microcomputador PC

Apesar das estruturas mostradas, oferecerem opções para a implementação das unidades do sistema proposto, optou-se por uma arquitetura de um sistema multiprocessador com uma placa baseada no microcontrolador 68HC11 e um microcomputador PC. Esta opção baseou-se na disponibilidade desta placa, que apresenta os recursos necessários para o desenvolvimento do trabalho proposto.

No aspecto da arquitetura de sistema multiprocessador, poderia ser utilizado no trabalho proposto, um processador digital de sinais (DSP - Ex: TMS32010) acoplado ao barramento de um microcomputador PC. Porém nesta arquitetura seria necessário a utilização de uma placa de extensão de conversão A/D. Esta placa de extensão torna-se dispensável utilizando uma arquitetura com o microcontrolador 68HC11.

No capítulo a seguir, é mostrada a arquitetura de hardware do registrador de perturbação proposto, mostrando a utilização da placa baseada no microcontrolador 68HC11 como unidade de

aquisição de dados e o microcomputador PC como unidade de processamento de dados.

### III.5 - Resumo

Este capítulo apresentou a proposta de um registrador de perturbação, mostrando as características gerais e as considerações sobre o registrador proposto. Este capítulo também mostra a configuração do sistema proposto, apresentando a ligação das unidades do registrador (UAD e UPD) ao sistema elétrico e mostra também a transformação de valores adquiridos pela UAD para serem utilizados na UPD. Finalmente este capítulo, apresenta algumas arquiteturas de microcomputador para a implementação das unidades do registrador proposto.

## CAPÍTULO IV

### ARQUITETURA DO HARDWARE DO REGISTRADOR DE PERTURBAÇÃO

Visando uma análise confiável do comportamento do sistema elétrico, à partir da aquisição de dados do sistema, apresenta-se um sistema para aquisição e processamento de dados, composto por uma placa inteligente baseada no microcontrolador MC68HC11, conectada ao barramento de um microcomputador IBM-PC ou compatível.

A estrutura de hardware simplificada, além da facilidade na troca de informações com o microcomputador-PC, oferecem subsídios para que a placa seja utilizada como unidade de aquisição de dados, para o registro de perturbações do sistema elétrico.

Este capítulo apresenta a estrutura de hardware do registrador de perturbação, a arquitetura da placa inteligente, aspectos da sua utilização como unidade de aquisição de dados e a comunicação com o microcomputador-PC.

#### IV.1- Estrutura Geral do Hardware

A figura 4.1 mostra em diagrama de blocos, a estrutura de hardware do sistema multiprocessador, utilizando a placa baseada no microcontrolador 68HC11 e do microcomputador padrão do tipo IBM-PC.

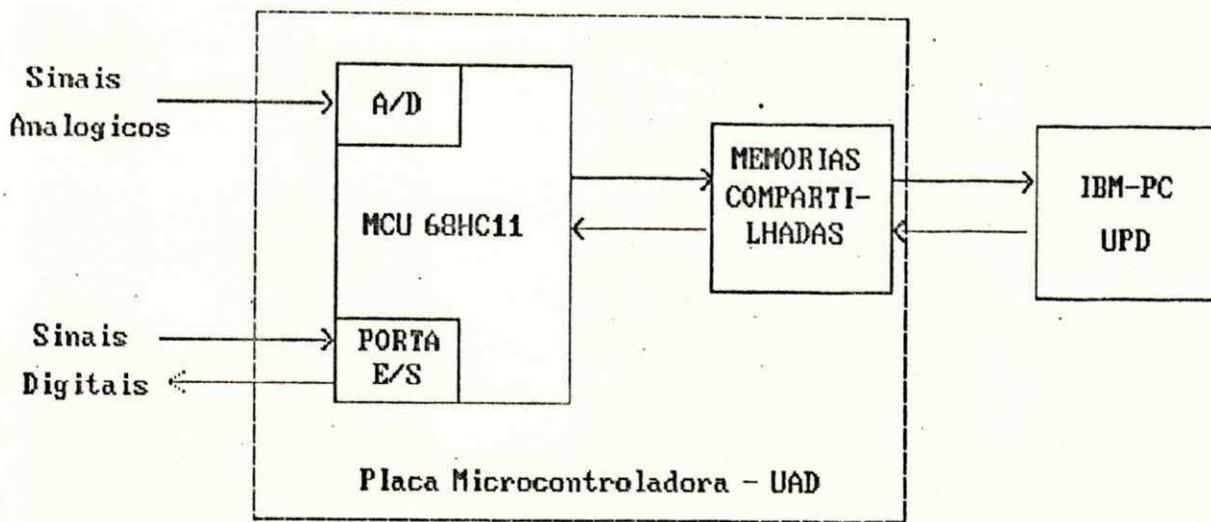


Fig. 4.1: Diagrama de Blocos da Estrutura Geral de Hardware

Pela figura pode-se observar a placa (UAD), composta pelo microcontrolador 68HC11, por onde entram os sinais analógicos e digitais, à partir dos canais de conversão A/D e porta de E/S respectivamente. Também na placa estão disponíveis memórias compartilhadas para a troca de informações entre a placa e o microcomputador PC (UPD).

Um sistema multiprocessador contém mais de um processador funcionando cooperativamente como parte de um sistema global. Cada um desses processadores pode executar diferentes tarefas [Searle e Freberg, 1975].

A troca de informações entre estes processadores é realizada através de memórias compartilhadas.

A estrutura da memória compartilhada do trabalho proposto, é formada por duas memórias que compartilham o mesmo endereço físico, cujo acesso é excludente, ou seja, quando um dos processadores está acesando uma dessas memórias, a outra memória fica disponível ao outro processador e vice-versa.

A utilização de um sistema multiprocessador, inclui sinais especiais de controle para sincronizar a transferência de dados (chaveamento das memórias compartilhadas, sinais de interrupção).

#### IV.2- Arquitetura da Placa

A figura 4.2 mostra em diagrama de blocos, a arquitetura básica da placa. A placa utiliza um microcontrolador MC68HC11, o qual é responsável pela aquisição dos dados do sistema.

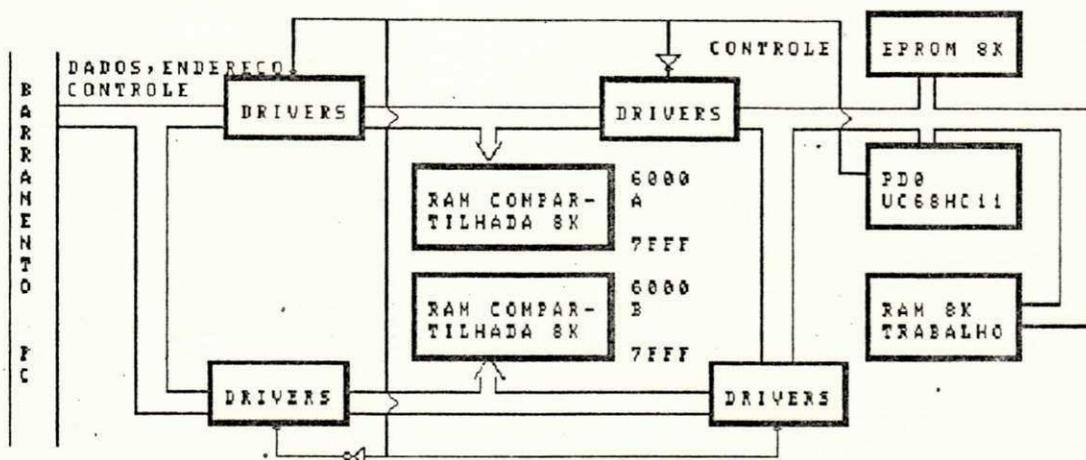


Fig. 4.2: Diagrama de Blocos da Arquitetura da Placa

A utilização do microcontrolador, possibilita à placa uma estrutura de hardware simplificada, devido aos recursos próprios do microcontrolador, tais como:

- 1- conversor A/D de 8 bits com 4 canais;
- 2- sistema de temporização de 16 bits;
- 3- sistema de interface (portas E/S) para comunicação com o meio externo;
- 4- sistema interno de memórias que inclui 8 Kbytes de ROM, 512 bytes de EEPROM e 256 bytes de RAM.

A placa apresenta também na sua estrutura, um banco de memórias que inclui uma EPROM de 8 Kbytes e 3 bancos de memórias RAM, sendo cada uma de 8 Kbytes (fig. 4.2).

Dentre o banco de memórias RAM, duas são utilizadas como memórias compartilhadas, onde é efetuada a troca de informações entre a placa e o microcomputador PC (item IV.4). A outra memória RAM, é utilizada como memória de trabalho, onde é executado o programa para aquisição de dados (item V.1.2).

Na memória EPROM, são gravadas as rotinas de inicialização da placa e de transferência do programa para aquisição de dados da memória compartilhada para a memória de trabalho (item V.1.1).

#### IV.3- Aspectos da Utilização da Placa

A utilização de um sistema para aquisição e processamento de dados à partir de uma placa baseado no microcontrolador 68HC11 e um microcomputador - PC, visa criar um sistema multiprocessador eficiente com uma arquitetura simplificada, utilizando as vantagens e os recursos que ambos oferecem.

Nos sistemas, onde se tem placas de interface desenvolvidas para aquisição e processamento de sinais analógicos e/ou digitais, que utilizam o barramento do microcomputador PC ou compatível, tem-se uma configuração de hardware, onde o controle das placas pode ser efetuado pela CPU do microcomputador PC. Neste caso, há uma redução da disponibilidade do microcomputador PC [Leal, 1990].

No caso da utilização de uma placa conectada ao barramento de um microcomputador PC, a tarefa de aquisição e

processamento de dados das grandezas de um processo é efetuada totalmente sob o controle da CPU da placa, ficando o microcomputador PC livre para executar outras tarefas, tais como: Definição de novos parâmetros para monitoração do sistema elétrico, ou mesmo estudo do comportamento do sistema elétrico, à partir da análise de registros anteriores de perturbações ou eventos.

Além das vantagens de hardware apresentadas, a utilização desta placa com um microcomputador PC, garante um ambiente de desenvolvimento de software mais eficiente, onde se tem uma facilidade na comunicação e na troca de informações entre ambos.

#### IV.4- Comunicação das Unidades do Sistema

No protocolo de comunicação efetuado entre a placa e o microcomputador PC, tem-se o suporte físico e o suporte lógico.

No suporte físico, tem-se as memórias compartilhadas e linhas de interrupção para o microcomputador PC, através das portas de E/S do microcontrolador

No suporte lógico é efetuada a troca de informações entre o microcomputador PC e a placa, através das memórias compartilhadas, e o controle de acesso dessas memórias é efetuado à partir de um comando de chaveamento das memórias que é realizado pela CPU da placa.

Através do comando de chaveamento das memórias, pode ser efetuado o acesso em tempo real de parâmetros como: número de amostras a serem adquiridas, período de amostragem.

Neste caso, deve haver um controle para não haver

conflito entre o momento em que o microcomputador PC escreve os parâmetros na memória compartilhada, e o momento em que a placa efetua o comando para chaveamento das memórias compartilhadas, para leitura dos parâmetros.

No trabalho proposto, os parâmetros do sistema para aquisição de dados (expressão da lógica de gatilho, período de amostragem, tempo de aquisição de dados antes e após perturbação), bem como o programa para aquisição de dados são carregados na memória compartilhada pelo microcomputador PC. Neste caso, a monitoração do sistema elétrico é realizada constantemente, com o microcomputador PC ficando livre para a execução de outras tarefas, enquanto aguarda o sinal da placa para comunicação.

O envio do sinal da placa ao microcomputador PC, é efetuada através de interrupção, sendo realizada em dois instantes específicos:

- 1- quando há uma perturbação com as características pré-definidas, onde são registradas a data e a hora de ocorrência desta;
- 2- quando há o término do registro de uma perturbação no sistema elétrico, com a placa efetuando o chaveamento da memória compartilhada para que o microcomputador PC possa efetuar o armazenamento dos dados adquiridos do sistema.

No capítulo V, é mostrada a estrutura de software do sistema proposto, com suas principais funções.

#### IV.5- Resumo

Este capítulo apresentou a arquitetura de hardware do registrador de perturbação proposto. Mostrou-se a arquitetura de multiprocessador escolhida para a formação das unidades do registrador, com uma placa baseada no microcontrolador 68HC11 como unidade de aquisição de dados e um microcomputador padrão do tipo IBM-PC como unidade de processamento de dados. Apresentou-se a arquitetura geral da placa, aspectos da sua utilização como unidade de aquisição de dados e finalmente abordou-se a comunicação entre a placa e o microcomputador PC.

## CAPÍTULO V

### ESTRUTURA DE SOFTWARE

No capítulo III foram mostradas alternativas de hardware para a formação das unidades do sistema proposto.

No capítulo IV foi mostrada a alternativa escolhida para a utilização neste trabalho, envolvendo uma placa inteligente baseada em um microcontrolador MC68HC11 como unidade de aquisição de dados e um microcomputador PC como unidade de processamento de dados.

Neste capítulo, apresenta-se a estrutura de software desenvolvida para a arquitetura escolhida na formação das unidades do sistema proposto, mostrando os programas utilizados em cada uma das unidades, e as funções que cada um deles desempenha.

#### V.1- Estrutura Geral do Software

A figura 5.1 mostra em diagrama de blocos a estrutura geral de software das unidades de aquisição e processamento de dados.

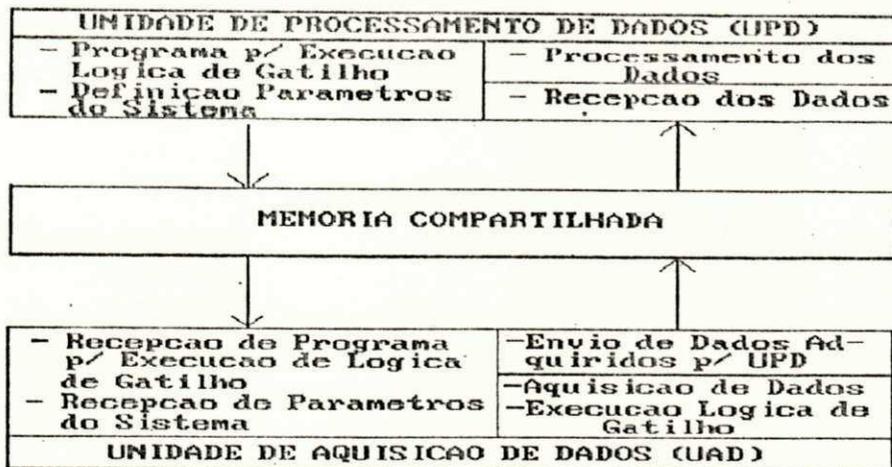


Fig. 5.1: Diagrama de Blocos da Estrutura Geral de Software

Pode-se observar pela figura, que a troca de informações entre a placa e o microcomputador PC é efetuada através da memória compartilhada, onde há o envio do programa de execução da lógica de gatilho e dos parâmetros para aquisição de dados do microcomputador PC à placa, e envio dos dados adquiridos do sistema elétrico da placa ao microcomputador PC.

#### V.1.1- Programa da Unidade de Aquisição de Dados (UAD)

A figura 5.2 mostra um diagrama de blocos da estrutura de software da UAD.

As rotinas do programa da UAD, executam tarefas de monitoração do sistema elétrico, à partir da aquisição de dados do sistema em tempo real e verificação da ocorrência de perturbações no sistema elétrico.



Fig. 5.2: Diagrama de Blocos da Estrutura de Software da UAD

A estrutura de software da UAD inclui uma rotina residente em memória EPROM, onde é efetuada a inicialização da placa e uma rotina executada na memória de trabalho do microcontrolador. Esta rotina é responsável pela execução da lógica de gatilho para registro de perturbação.

#### V.1.1.1- Rotina Residente em EPROM

Esta rotina além de ser responsável pela inicialização da placa, como dito no item V.1.1, apresenta as seguintes funções:

- transferir a rotina para execução da lógica de gatilho da memória compartilhada pelo microcomputador PC, para a memória de trabalho do microcontrolador;
- passar o controle da placa para a rotina de execução da lógica de gatilho, quando esta é executada na memória de trabalho do microcontrolador.

### V.1.1.2- Programa para Execução da Lógica de Gatilho

As rotinas do programa de execução da lógica de gatilho, efetuam as seguintes tarefas:

- verificação do tipo de evento a ser registrado, através da busca em posições da memória de trabalho do microcontrolador, dos códigos referentes à expressão que define a lógica de gatilho;
- definição dos endereços da memória compartilhada, onde são armazenados os dados adquiridos de cada uma das grandezas medidas (Fig.5.3);
- execução da lógica de gatilho, que envolve aquisição de dados anteriores e posteriores à perturbação, lógica combinacional com as entradas digitais;
- geração e envio de comando de interrupção para o microcomputador PC;
- geração de comando de chaveamento da memória compartilhada, para que o microcomputador PC possa efetuar a leitura dos dados adquiridos do sistema e armazená-los em disco flexível ou disco rígido.

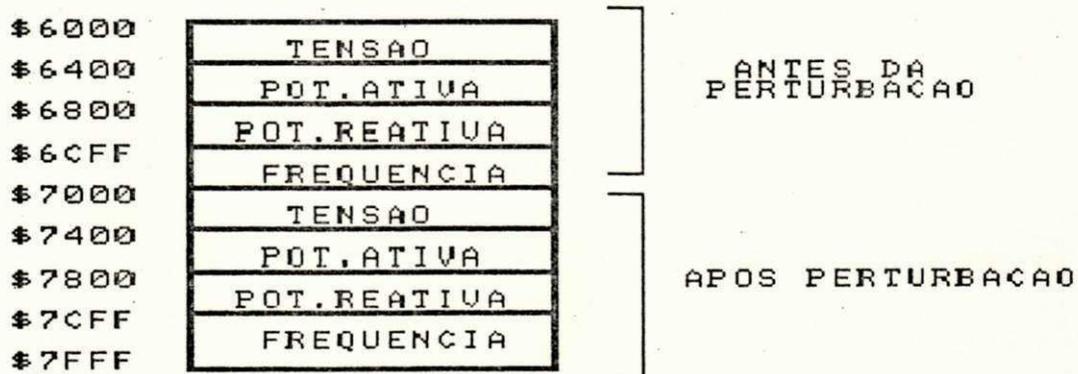


Fig. 5.3: Mapa de Endereços para armazenamento dos dados das Grandezas Medidas

O armazenamento no "buffer" dos dados referentes às grandezas medidas, anteriores ao momento da perturbação é feito de forma circular, enquanto que os dados referentes às grandezas medidas, posteriores ao momento da perturbação é feito de forma sequencial (Fig.5.4).

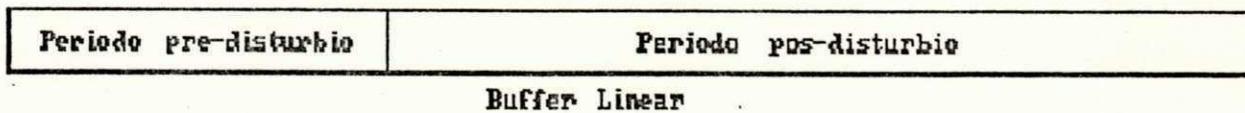
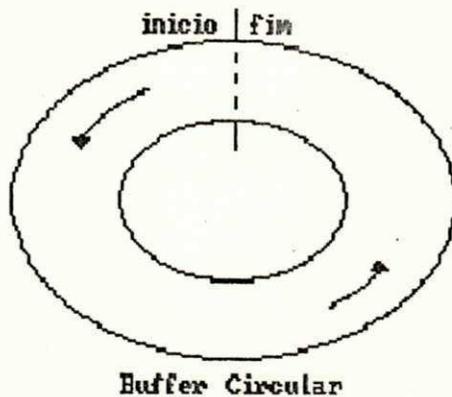


Fig. 5.4: Caracterização dos Buffers para armazenamento dos dados

No armazenamento dos dados anteriores ao momento da perturbação, tem-se o armazenamento da forma circular, ou seja dados novos sendo gravados de modo a sobrepor dados antigos. No momento em que ocorre a perturbação, é gravado um ponteiro com o número da amostra referente ao momento da perturbação. Quando os dados são transferidos para o microcomputador PC, este efetua a gravação dos dados primeiramente da amostra referente à perturbação até o final do "buffer", gravando-os depois do início do buffer até a amostra de perturbação. Este procedimento

garante que nenhum dado seja perdido. Os dados posteriores ao momento de ocorrência da perturbação, são gravados no microcomputador PC de forma sequencial, ou seja, da primeira à última amostra do "buffer".

O apêndice B1 mostra o fluxograma detalhado com as funções executadas pelo programa para execução da lógica de gatilho [Costa, 1991].

#### V.1.2- Programa da Unidade de Processamento de Dados (UPD)

Este programa executado no microcomputador PC e escrito em linguagem de alto nível (PASCAL), é dividido em tres partes. Cada parte do programa é responsável pela definição da lógica de gatilho, envio de parâmetros para a UAD e processamento dos dados adquiridos pela UAD, à partir de algumas funções para a análise do comportamento do sistema elétrico.

A figura 5.5 mostra um diagrama de blocos com a estrutura de software da UPD.

O apêndice B2 mostra o fluxograma detalhado das funções desempenhadas pelo programa da unidade de processamento de dados [Costa, 1991].

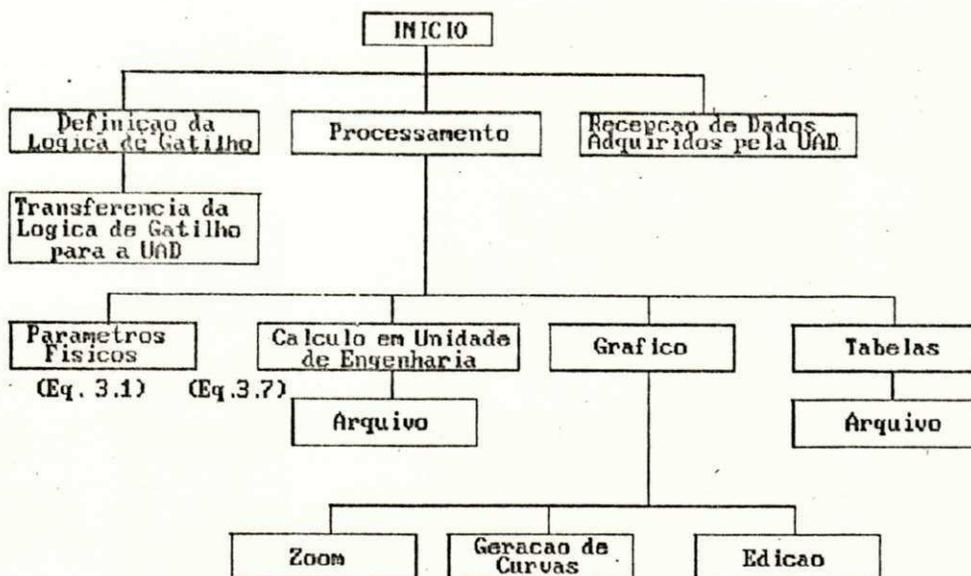


Fig. 5.5: Diagrama de Blocos da Estrutura de Software da UPD

As funções desempenhadas pelas rotinas do programa da unidade de processamento de dados são discutidas a seguir.

#### V.1.2.1- Definição da Lógica de Gatilho

A utilização de uma lógica de gatilho para registro de uma perturbação, faz-se necessária quando são efetuadas medições pelas primeiras vezes no sistema elétrico para aprendizado do seu comportamento. Neste caso são colocados parâmetros de gatilho para se observar se o sinal representa uma perturbação ou ruído comum no sistema.

A rotina de definição da lógica de gatilho, foi desenvolvida à partir de um programa para análise e resolução de expressões [Schildt, 1988], o qual utiliza um analisador recursivo decrescente, que permite a resolução de expressões numéricas.

O programa desenvolvido para definição da lógica de gatilho, utiliza os recursos do programa para análise e resolução de expressões, adaptando-o aos requisitos para codificação de expressões utilizando lógica combinacional para as entradas digitais e comparação com valor de referência para as entradas analógicas.

Com as adaptações efetuadas, o programa permite ao operador montar a expressão utilizando entradas analógicas do tipo (A0,.....,A7) e entradas digitais do tipo (D0,.....,D15), estando associado a cada uma dessas entradas um código correspondente (Fig.5.7).

Além disso, o programa utiliza símbolos como ('+', '.', '/'), que compõem as funções lógicas (OR, AND, NOT) respectivamente e '>', '<', '=', que compõem as funções de comparação com valor de referência para as entradas analógicas.

A cada uma dessas funções, é associado um código, sendo que para as funções 'OR' e 'AND', a codificação é realizada de acordo com o tipo de operação efetuada (operando-operando, operando-pilha, pilha-pilha) (Fig.5.7).

Além da codificação da expressão equivalente à lógica de gatilho, tem-se nesta parte do programa a transformação do valor real de cada grandeza utilizado como valor de referência para comparação com as entradas analógicas, em um número decimal, cuja variação é de 0 a  $2^N - 1$ , onde N representa o número de bits do conversor A/D utilizado na UAD (Fig.5.6).

Este valor é enviado à UAD, juntamente com os códigos da expressão da lógica de gatilho (Fig.5.7), para ser comparado com a palavra binária na saída do conversor A/D.

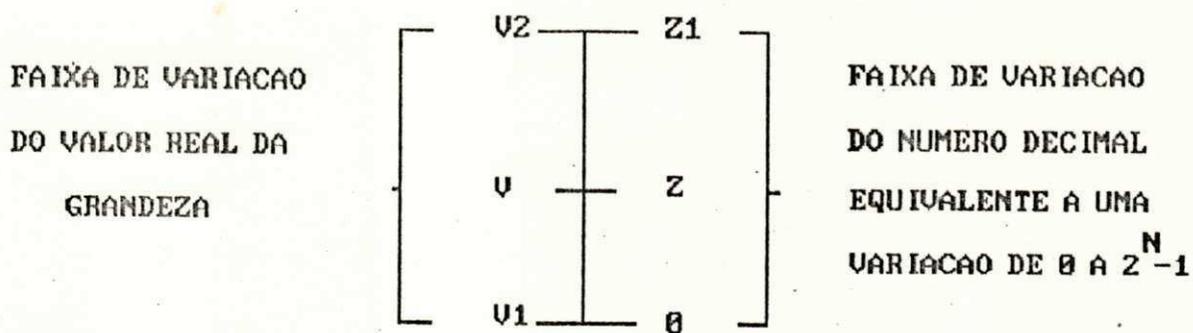


Fig. 5.6: Relação entre a variação do valor real da grandeza e do número decimal que varia entre 0 e  $2^N-1$

A equação que efetua a transformação de valores, deve conter as seguintes variáveis envolvidas:

$$Z = f(V, V1, V2, Z1) \quad (5.1)$$

onde se tem:

Z - Número decimal a ser enviado à UAD, o qual varia entre 0 e  $2^N-1$  onde N é o número de bits do conversor A/D da UAD;

V - Valor real da grandeza;

V1- Valor correspondente ao limite inferior da faixa de variação da grandeza real;

V2- Valor correspondente ao limite superior da faixa de variação da grandeza real;

Z1- Número decimal equivalente a  $2^N-1$

Pela Fig.5.5, tem-se que:

$$\frac{(V2-V1)}{(V-V1)} = \frac{Z1}{Z} \quad (5.2)$$

logo:

$$Z = \frac{(V-V1) * Z1}{(V2-V1)} \quad (5.3)$$

A figura 5.7 mostra os códigos para cada uma das entradas digitais e analógicas e para as funções lógicas e de comparação e um exemplo de uma expressão representando a lógica de gatilho e a codificação correspondente.

ENTRADAS DIGITAIS	CODIGOS	ENTRADAS ANALOGICAS	CODIGOS	FUNCOES LOGICAS		FUNCOES DE COMPARACAO	
D0	65	A0	82	AND(.,)	CODIGOS	FUNCOES	CODIGOS
D1	66	A1	83	OPERANDO-OPERANDO OPERANDO-FILHA FILHA-FILHA	52	)	40
D2	67	A2	84		51		
D3	68	A3	85		50		
D4	69					<	41
NOT (/)	CODIGOS	Ex: Expressao da Logica de Gatilho (A0>74) . (/DB+D1)  Codificacao: (82 40 74=23Bd=E6h 193 66 62 50)		OR(+)	CODIGOS	=	42
/D0	193			OPERANDO-OPERANDO	62		
/D1	194	OPERANDO-FILHA	61				
/D2	195	FILHA-FILHA	60				
/D3	196						
/D4	197						

Fig. 5.7: Quadro dos códigos que definem a lógica de gatilho

#### V.1.2.2 - Definição dos Parâmetros para Aquisição de Dados

Na rotina de definição dos parâmetros para aquisição de dados, tem-se as seguintes funções realizadas:

- carregamento na memória compartilhada:
  - \* do programa para execução da lógica de gatilho;
  - \* dos códigos referentes à expressão que define a lógica de gatilho;
  - \* dos parâmetros a serem utilizados pelo programa para execução

da lógica de gatilho durante a aquisição de dados (período de amostragem, tempos de aquisição antes e depois da perturbação).

- cálculo para utilização do período de amostragem e dos tempos anterior e posterior à perturbação nas rotinas do programa da UAD de execução da lógica de gatilho;
- comando para o microcontrolador ter acesso à memória compartilhada;
- instalação do vetor de interrupção para a interrupção IRQ2 do microcomputador PC;
- reconhecimento e tratamento de interrupções geradas pelo microcontrolador no microcomputador PC.

Para o período de amostragem, o valor calculado é utilizado na rotina "Período de Amostragem" do programa da UAD, a qual é mostrada a seguir:

rotina Período de Amostragem:

```
LDX . Val *Carrega o registrador x com valor do período de
amostragem calculado na UPD (Eq. 5.9) (3 ciclos)
y DEX *Decrementa registrador x (3 ciclos)
BNE y *Só sai da rotina quando registrador x tiver o
valor 0 (3 ciclos)
```

A equação para o cálculo do período de amostragem deve conter as seguintes variáveis:

$$\text{Val} = F(\text{Tam}, f, \text{Nc}) \quad (5.4)$$

onde:

Val - Valor do período de amostragem que é utilizado na rotina período de amostragem;

Tam - Período de amostragem lido do teclado;  
 f - Frequência de clock da CPU 68HC11 (2MHz);  
 Nc - Número de ciclos utilizados pela rotina período de amostragem.

Pela rotina Período de Amostragem tem-se:

$$T_{am} = Nc * T \quad (5.5)$$

onde:  $T = \frac{1}{f} = 500ns \quad (5.6)$

$$Nc = 3 + (6 * Val) \quad (5.7)$$

logo:

$$T_{am} * 10^{-3} = 500ns * [3 + (6 * Val)] \quad (5.8)$$

onde se tem 'Val' definido por:

$$Val = \left( \frac{100}{3} * T_{am} \right) - 0.5 \quad (5.9)$$

O cálculo para os tempos anterior e posterior à perturbação, é efetuado pela transformação destes em número de amostras a serem adquiridas, à partir dos valores dos tempos e do período de amostragem lidos do teclado.

As equações para o cálculo do número de amostras em função dos tempos anterior e posterior á perturbação e do período de amostragem devem conter as seguintes variáveis:

$$N_a = f(T_a, T_{am}) \quad (5.10)$$

$$N_d = f(T_d, T_{am}) \quad (5.11)$$

onde:

$N_a$  - Número de amostras antes da perturbação;

$N_d$  - Número de amostras após o momento da perturbação;

$T_a$  - Tempo para aquisição antes da perturbação (lido do teclado);

$T_d$  - Tempo para aquisição após o momento da perturbação (lido do

teclado);

Tam - Período de amostragem lido do teclado;

As equações para o cálculo do número de amostras são então representadas por:

$$Na = \frac{Ta}{Tam} * 1000 \quad (5.12)$$

$$Nd = \frac{Td}{Tam} * 1000 \quad (5.13)$$

O apêndice A1 mostra a tela com os campos para definição da expressão da lógica de gatilho e dos parâmetros para aquisição de dados.

#### V.1.2.3 - Armazenamento e Processamento dos Dados Adquiridos pela UAD

Esta rotina é responsável pelo armazenamento em arquivos, dos dados adquiridos pela UAD e tratamento destes dados através de algumas funções que auxiliam na análise do comportamento do sistema.

##### V.1.2.3.1 - Definição de Parâmetros do Sistema

Os parâmetros do sistema que são gravados em arquivo, juntamente com os dados referentes às grandezas medidas são:

- local de funcionamento (Subestação);
- data e hora do início da perturbação;
- expressão da lógica de gatilho;
- canais ativos.

A definição dos canais ativos (grandezas a serem armazenadas em arquivo), é efetuada através da seleção de um grupo de quatro bits, onde cada bit = "1", representa uma grandeza selecionada a ser armazenada em arquivo (Fig. 5.8).

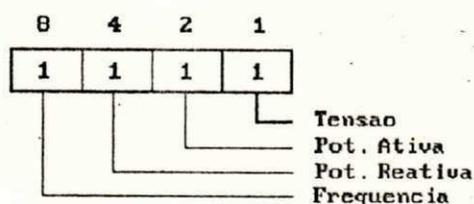


Fig. 5.8: Definição dos canais ativos

A figura 5.9 mostra um diagrama de Nassi Schneiderman [Arakaki et alli, 1990], [Schnupp, 1978], com a operação de definição dos canais ativos.

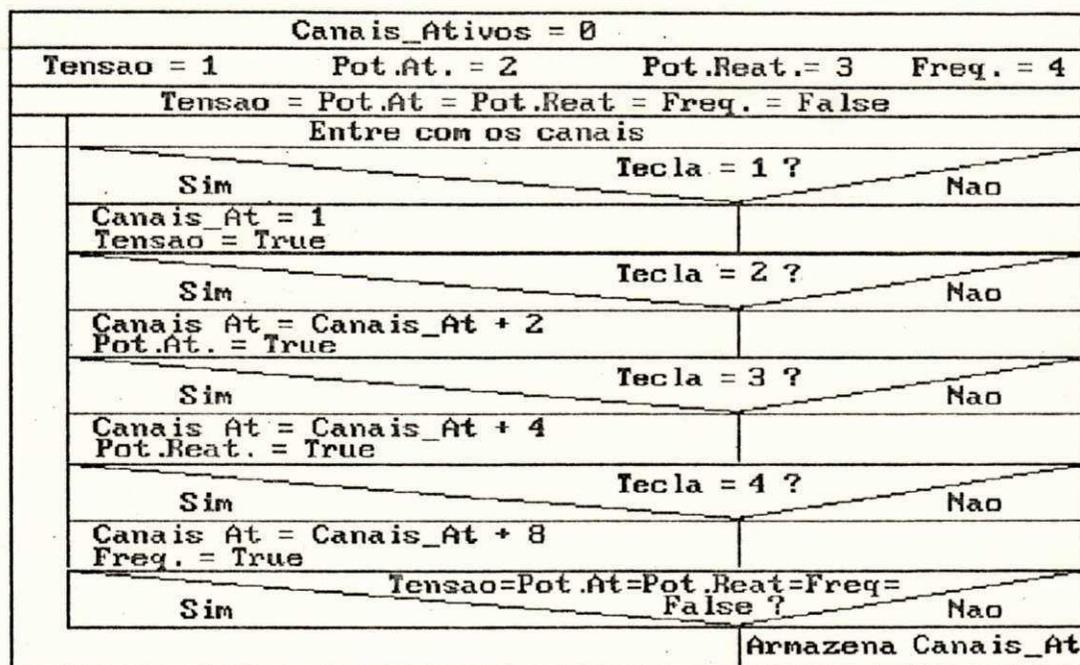


Fig. 5.9: Diagrama Nassi Schneiderman para Definição dos Canais Ativos

A definição do registro da data e hora ocorre através de um comando de interrupção enviado pelo microcontrolador quando da ocorrência de perturbação.

Após o reconhecimento da interrupção, a data e a hora do sistema são temporariamente armazenadas em variáveis para formação do nome do arquivo, sendo posteriormente gravadas no arquivo juntamente com os demais parâmetros.

Na composição do nome do arquivo, onde são armazenados os parâmetros do sistema e os dados adquiridos pela UAD, tem-se informações sobre:

- local de aquisição de dados do sistema;
- data e hora do momento da perturbação.

A figura 5.10 mostra como o nome do arquivo é composto por 8 bytes alfanuméricos na sua parte principal e 3 bytes na sua extensão [Hoffman, 1987].

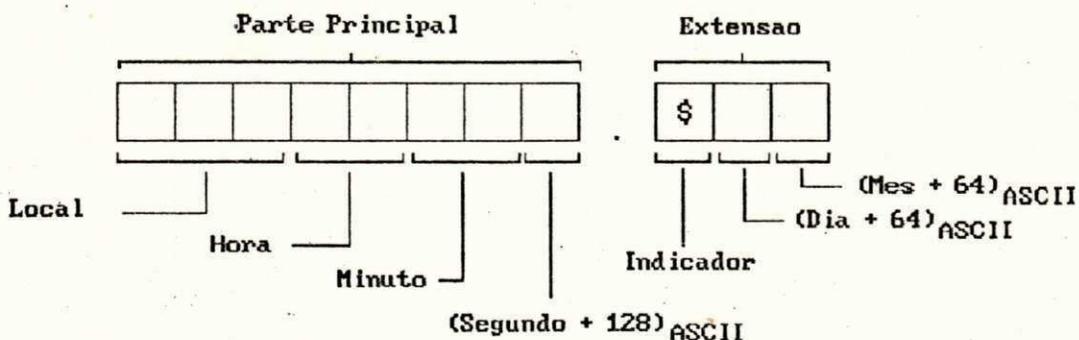


Fig. 5.10: Composição do Nome do Arquivo de Dados

A extensão do nome do arquivo, contém o símbolo "\$" indicando uma caracterização do tipo de arquivo como sendo de dados de perturbação.

Por exemplo, seja uma perturbação registrada em Recife e



#### V.1.2.3.3 - Seleção de Arquivos (Diretório)

Nesta função, tem-se a definição do "path" para visualização dos arquivos existentes.

A seleção de um arquivo é realizada através de um cursor, que se movimenta ao longo dos arquivos existentes referentes ao "path" definido.

Com a seleção de um arquivo, há o surgimento de uma tela contendo o nome do arquivo selecionado e os parâmetros do sistema.

Além dos parâmetros do sistema, o arquivo selecionado contém os dados referentes às grandezas medidas, que são selecionadas à partir de um menu com as grandezas do sistema.

A partir da tela com os parâmetros do sistema, há a possibilidade de retorno à função diretório, para seleção de um novo arquivo, ou mesmo para definição de outro "path" para visualização de outros arquivos.

O apêndice A2, mostra as telas com as etapas da função diretório.

#### V.1.2.3.4 - Menu das Grandezas Medidas

O menu apresenta as grandezas do sistema a serem selecionadas para análises posteriores.

Com a seleção de uma grandeza, é efetuada uma lógica para leitura em arquivo dos dados referentes à grandeza selecionada.

Esta lógica é necessária devido à variação da posição de armazenamento dos dados em arquivo referentes às grandezas medidas. Esta lógica também permite a identificação da não

existência no arquivo de uma grandeza selecionada.

A lógica para leitura dos dados referentes à grandeza selecionada é mostrada no diagrama Nassi Schneiderman da figura 5.12 [Arakaki et alli, 1990], [Schnupp, 1978].

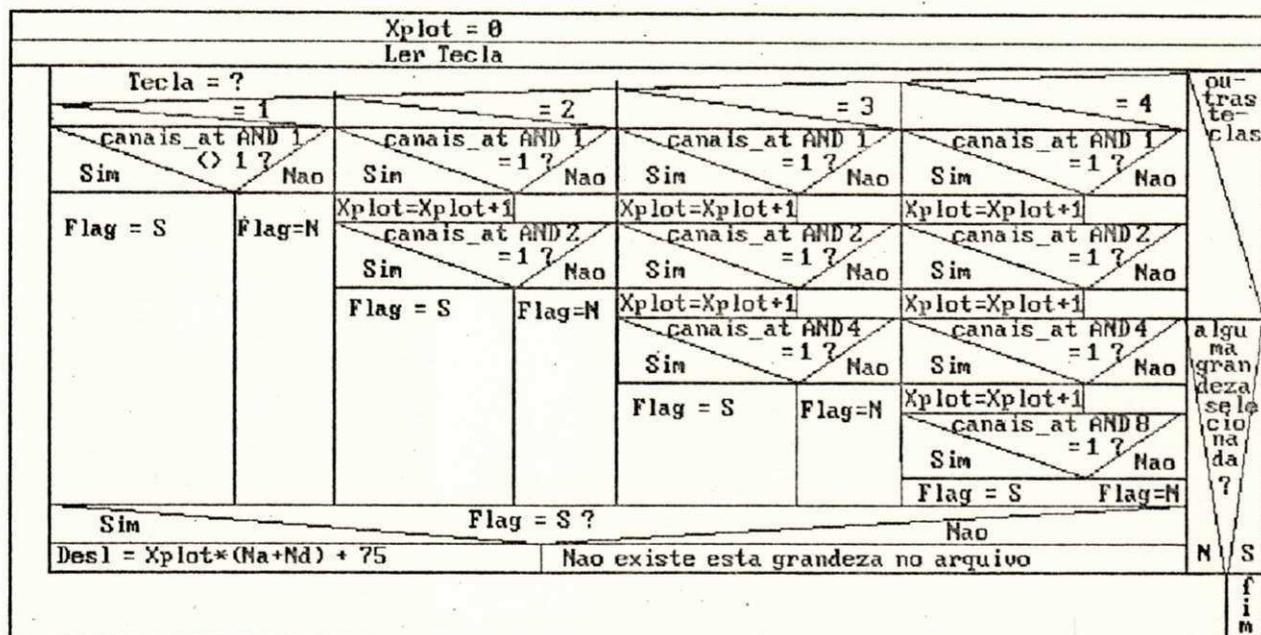


Fig. 5.12: Diagrama Nassi Schneiderman para a Lógica de Leitura dos Dados em Arquivo

A equação para a definição da leitura dos dados correspondentes à grandeza selecionada, deve conter as seguintes variáveis envolvidas:

$$desl = f(Xplot, Na, Nd, S) \quad (5.14)$$

onde:

desl - deslocamento no arquivo para posicionamento nos dados correspondentes à grandeza selecionada;

Xplot - fator de deslocamento;

Na, Nd - Número de amostras anteriores e posteriores à perturbação;

S - Campo do arquivo reservado aos parâmetros do sistema  
onde: S= 75

Como pode-se observar pelo diagrama Nassi Schneiderman, a equação que define o deslocamento em arquivo é definida por:

$$\text{desl} = (\text{Xplot} * (\text{Na} + \text{Nd})) + 75 \quad (5.15)$$

O apêndice A3 mostra a tela com o menu das grandezas medidas.

#### V.1.2.3.5 -Transformação dos Dados Armazenados em Unidade de Engenharia

A transformação dos dados armazenados em unidade de engenharia é efetuada pela correspondência entre uma faixa de variação do valor real da grandeza e o número decimal equivalente à palavra binária na saída do conversor A/D.

Deve-se observar que esta transformação é efetuada pelo processo inverso utilizado no item V.1.2.1, ou seja, para este caso o que se pretende calcular é o valor real da grandeza (variável V). A variável Z para este caso representa o número decimal equivalente à palavra binária na saída do conversor A/D, tendo as demais variáveis utilizadas (V1, V2, Z1) a mesma definição do item V.1.2.1.

Como pode-se observar pela figura 5.5:

$$\frac{(V2-V1)}{(V-V1)} = \frac{Z1}{Z} \quad (5.16)$$

Onde pode-se definir a equação de transformação dos valores armazenados em unidade de engenharia por:

$$V = \frac{[(V2-V1)*Z] + (Z1*V1)}{Z1} \quad (5.17)$$

#### V.1.2.3.6 - Análise Gráfica dos Sinais

Para a análise gráfica das grandezas do sistema elétrico, as seguintes etapas são necessárias:

- leitura dos dados armazenados em arquivo;
- transformação dos dados em unidade de engenharia;

Para seleção das grandezas para análise gráfica, tem-se a disposição um menu com as grandezas do sistema (apêndice A3), tendo-se efetuada a lógica mostrada no item V.1.2.3.4, quando da seleção de uma grandeza.

Com a seleção de uma grandeza válida, isto é, que contenha dados armazenados em arquivo referentes à grandeza selecionada, há a transformação destes dados armazenados em valores reais da grandeza (Equação 5.17) e recomposição dos valores reais da grandeza em gráfico, pela adaptação destes valores em coordenadas de tela gráfica.

A adaptação dos valores reais da grandeza em coordenadas de tela gráfica, define o eixo Y do gráfico, onde se tem a definição do tamanho do gráfico, através dos valores reais máximo e mínimo da grandeza correspondendo à coordenadas válidas de tela gráfica.

O eixo X do gráfico é definido através de uma "compressão de dados". Esta compressão de dados significa que, como no arquivo de dados pode haver no máximo de 2048 amostras para uma grandeza e a tela gráfica admite um máximo de 640 pontos de tela

(CGA: 640x200), então algumas amostras são descartadas.

O cálculo para definição das amostras descartadas para levantamento gráfico da grandeza, é feito por uma equação que contém as seguintes variáveis envolvidas:

$$\text{Graf} = f(j, Na, Nd, u) \quad (5.18)$$

onde:

Graf - Incremento de pontos de tela gráfica até o limite máximo;

j - Incremento do número de amostras de uma grandeza, onde j varia de 1 até (Na+Nd);

q - Ponto máximo de tela gráfica até onde vai o gráfico;

u - Deslocamento do eixo Y em relação à origem;

onde, neste caso:  $u=30$

Na, Nd - Número de amostras anteriores e posteriores à perturbação;

Para uma variação de j de 1 até (Na+Nd), tem-se a equação que dá o incremento do número de pontos de tela por amostras lidas do arquivo de dados, sendo esta definida por:

$$\text{Graf} = \frac{(j \cdot q)}{Na + Nd} + u \quad (5.19)$$

Como recurso adicional, tem-se a opção de retorno ao menu para seleção de outra grandeza para análise gráfica, ou mesmo o retorno à função diretório para seleção de outro arquivo.

A tela com o gráfico de uma das grandezas medidas e os recursos adicionais é mostrada no apêndice A4.

#### V.1.2.3.7 - Zoom

Para auxiliar a análise gráfica, tem-se a disposição

recursos para análises mais detalhadas de diversos pontos. Estes recursos são:

- ampliação de determinada faixa de sinal com fator de zoom e
- aparecimento na tela dos valores reais da grandeza medida passo a passo.

O aparecimento na tela dos valores reais das grandezas medidas, está condicionado à movimentação de um cursor ao longo do gráfico.

O cursor permite a seleção de uma janela, que caracteriza uma determinada parte do gráfico, para que esta seja ampliada com fator de escala adaptado às coordenadas de tela gráfica.

Para seleção de uma grandeza para análise de uma faixa de sinal com fator de zoom, tem-se disponível um menu com as grandezas do sistema, tendo-se como opção o retorno a este menu para seleção de outra grandeza.

Para ampliação da parte do gráfico selecionada por uma janela, é necessário o cálculo do número de pontos de tela ("pixels") por amostra lida do arquivo, que define o incremento da curva ampliada (eixo X) na tela gráfica.

Para este cálculo ser efetuado, é necessário se ter o número da amostra correspondente ao primeiro ponto da janela, para que se tenha a leitura em arquivo, dos dados à partir deste ponto.

O cálculo para leitura dos dados em arquivo relativos ao primeiro ponto da janela é efetuado por uma equação que contém as seguintes variáveis envolvidas:

$$\text{Quant} = f(x1, u, \text{Grafl}, \text{Desl}) \quad (5.20)$$

onde:

Quant - Valor correspondente ao número da amostra à partir de onde os serão lidos do arquivo;

x1 - Valor do primeiro ponto da janela;

u - Deslocamento do eixo Y na tela gráfica;

onde:  $u=30$

Graf1 - Valor que dá o número de amostras por ponto de tela no gráfico original;

Des1 - Valor que dá o deslocamento no arquivo para leitura dos dados correspondentes à grandeza selecionada (Equação 5.15).

A equação que fornece o número de amostras por ponto de tela gráfica é dada por:

$$\text{Graf1} = \frac{N_a + N_d}{q} \quad (5.21)$$

Logo, a equação que define o número das amostras correspondente ao primeiro ponto da janela é dada por:

$$\text{Quant} = [(x1 - u) * \text{Graf1}] + \text{Des1} \quad (5.22)$$

Com a definição da equação 5.22, tem-se a leitura em arquivo, dos dados à partir do primeiro ponto da janela. Esses dados são lidos do arquivo e transformados em unidade de engenharia (Eq. 5.17), onde se tem a adaptação dos dados transformados em coordenadas de tela gráfica com fator de escala calculado para que a figura fique o maior possível. A leitura dos dados do arquivo e transformação destes em unidade de engenharia ocorre até o segundo ponto da janela que define a parte do

gráfico a ser ampliada.

O eixo x do gráfico ampliado é calculado pela densidade de pontos de tela da janela por amostra. Este cálculo dá justamente o incremento do gráfico, ou seja, quantos pontos de tela ("pixels") por amostra lida do arquivo, o gráfico deve avançar.

A equação que define este cálculo tem as seguintes variáveis envolvidas:

$$\text{Quant1} = f(q, \text{Grafl}, x1, x2) \quad (5.23)$$

onde:

Quant1 - Valor que dá o número de "pixels" por amostra;

q - Ponto máximo de tela gráfica até onde vai o gráfico;

x2 - Valor do segundo ponto da janela;

x1 - Valor do primeiro ponto da janela;

Grafl - Valor que dá o número de amostras por ponto de tela no gráfico original.

A equação que efetua o cálculo do incremento do número de pontos de tela gráfica por amostra lida é dada por:

$$\text{Quant1} = \frac{q}{\text{Grafl} * (x2 - x1)} \quad (5.24)$$

O apêndice A5 mostra as telas com a seleção da área do gráfico de uma grandeza e o gráfico desta área ampliada.

#### V.1.2.3.8 - Geração de Curvas

Com este recurso, tem-se, quando desejado, a visualização de mais de uma curva em uma só tela gráfica, relativas às grandezas medidas.

A lógica para seleção das grandezas é a mesma mostrada no item V.1.2.3.4, tendo-se com a seleção de uma grandeza a leitura em arquivo dos dados correspondentes, transformação destes em unidade de engenharia (Eq.5.17) e levantamento gráfico da grandeza, pela adaptação dos valores transformados, em coordenadas de tela gráfica.

Na tela gráfica é reservado um espaço para cada uma das curvas das grandezas, tendo-se no espaço de cada grandeza uma mensagem da não existência da grandeza, quando não existir no arquivo dados armazenados correspondentes à grandeza selecionada.

O apêndice A6 mostra a tela com os recursos de seleção das grandezas e e geração de curvas de cada uma das grandezas.

#### V.1.2.3.9 - Edição

Este recurso possibilita a modificação do gráfico, com a retirada de picos que ocasionalmente podem aparecer, decorrentes de chaveamentos rápidos em compensadores estáticos e que não interessam durante certos processamentos como a modelagem de carga [Dovan et alli, 1987], [Nguyen et alli, 1978], [Ohyama et alli, 1985].

Para este recurso também tem-se disponível, um menu com as grandezas do sistema, onde a mesma lógica mostrada no item V.1.2.3.4 é efetuada, quando da seleção de uma grandeza.

Quando uma grandeza é selecionada, os dados correspondentes são lidos do arquivo e transformados em unidade de engenharia (Eq.5.17), tendo-se em seguida a curva da grandeza pela adaptação dos valores reais da grandeza em coordenadas de

tela gráfica (item V.1.2.3.6).

Com a curva da grandeza na tela, o operador do sistema entra com o valor de referência a ser testado, ou seja, o valor para ser modificado no gráfico, e o novo valor para modificar o gráfico.

Para manter a integridade dos dados no arquivo atual, é aberto um novo arquivo, cujo nome é definido pelo operador, onde são gravados os dados modificados e os dados que não são modificados, bem como os parâmetros do sistema.

A modificação dos dados é realizada pela comparação do valor de referência a ser modificado. Os valores reais da grandeza que estiverem acima ou abaixo do valor de referência são substituídos pelo novo valor definido pelo operador.

Os valores em unidade de engenharia da grandeza modificados, são transformados na palavra decimal correspondente (Eq.5.3), e são gravados no novo arquivo juntamente com os dados que não são modificados e parâmetros do sistema, tendo-se quando desejado a composição do novo gráfico com as modificações efetuadas.

A sequência do recurso do modo edição para modificação do gráfico é mostrada nas telas do apêndice A7.

#### V.1.2.3.10 - Tabelas

Outra função de processamento que pode-se utilizar é o ordenamento dos dados obtidos em forma de tabelas.

Para este recurso, também tem-se disponível um menu com as grandezas do sistema (apêndice A3), que efetua a mesma lógica

utilizada no item V.1.2.3.4 quando da seleção de uma grandeza.

Quando uma grandeza é selecionada, os dados correspondentes armazenados em arquivo, são lidos e transformados em unidade de engenharia (Eq.5.17), tendo-se na tela os valores reais da grandeza selecionada. Adicionando-se aos valores transformados, tem-se na tela o nome da grandeza selecionada e a hora e data da perturbação.

Como nem todos os valores reais da grandeza selecionada estão disponíveis na tela de uma só vez, tem-se a disposição do operador uma mensagem: " Tecle algo para continuar", onde novos valores transformados são mostrados na tela. Este processo se repete até o último dado ser lido do arquivo, transformado em unidade de engenharia e mostrado na tela.

Como opção tem-se disponível o recurso de retorno ao menu das grandezas para seleção de outra grandeza a ser analisada.

A tela com os dados ordenados em forma de tabela para uma das grandezas do sistema é mostrada no apêndice A8.

## V.2- Resumo

Este capítulo abordou a estrutura de software do sistema proposto. Inicialmente foi mostrado o software geral do sistema, mostrando-se em seguida os programas das unidades de aquisição e processamento de dados com as funções que cada um deles desempenha.

## CAPÍTULO VI

### TESTES EXPERIMENTAIS

Para validação do trabalho proposto, foram realizados alguns testes de laboratório.

Os testes consistem da simulação das entradas analógicas e digitais do sistema elétrico, para verificação do funcionamento do sistema de aquisição e processamento de dados.

Este capítulo apresenta a estrutura utilizada para simulação dos sinais analógicos e digitais do sistema elétrico e mostra os resultados obtidos dos testes realizados.

#### VI.1- Simulação dos Sinais Analógicos e Digitais

Como visto no capítulo III (item III.2), os sinais analógicos provenientes dos transdutores de cada uma das grandezas do sistema elétrico (frequência, tensão, potência ativa e reativa), são condicionados de tal forma, que se tenha os sinais variando de 0 a 5 Volts na entrada do conversor A/D (fig.3.1).

Para a realização dos testes do sistema proposto, supõe-se que os sinais já estão condicionados, levando-se em consideração sua variação de 0 a 5 Volts.

Isto torna-se possível, à partir da utilização de uma estrutura com divisores de tensão, simulando os sinais de cada uma das grandezas do sistema elétrico (fig.6.1).

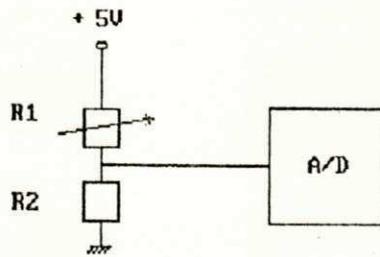


Fig. 6.1: Divisor de Tensão para os Canais do Conversor A/D

Esses sinais ficam disponíveis nos 4 canais do conversor A/D do microcontrolador, onde são convertidos simultaneamente.

Com a conversão simultânea dos sinais analógicos, tem-se sempre os valores das quatro grandezas do sistema elétrico disponíveis à UPD.

Apesar de neste trabalho, serem utilizadas quatro entradas analógicas, sendo cada uma ligada a um dos canais de conversão A/D, o número de entradas pode ser ampliado à partir da utilização de multiplexadores, de modo que se tenha sempre os quatro sinais das grandezas do sistema disponíveis nos canais de conversão A/D (Fig.6.2).

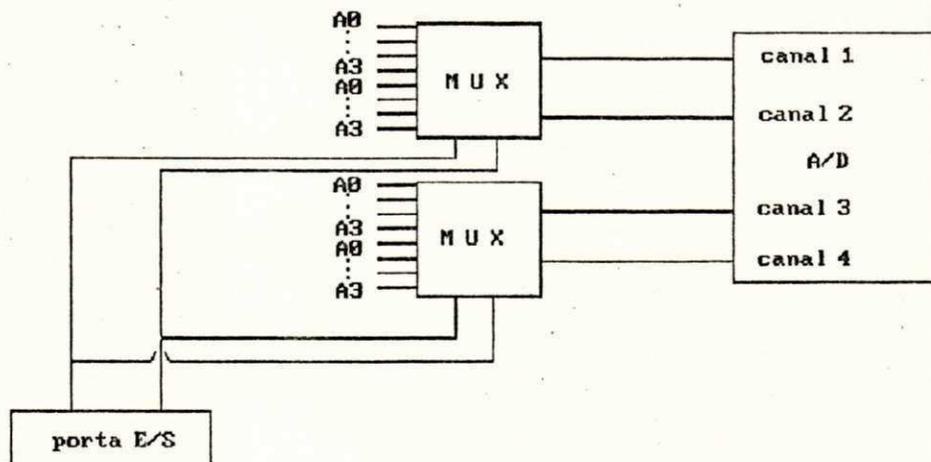


Fig. 6.2: Expansão das Entradas Analógicas Utilizando Estrutura de Multiplexadores

Para as entradas digitais, é utilizada uma estrutura com chaves dip-switch, onde os sinais são ligados a uma das portas de E/S do microcontrolador (Fig.6.3).

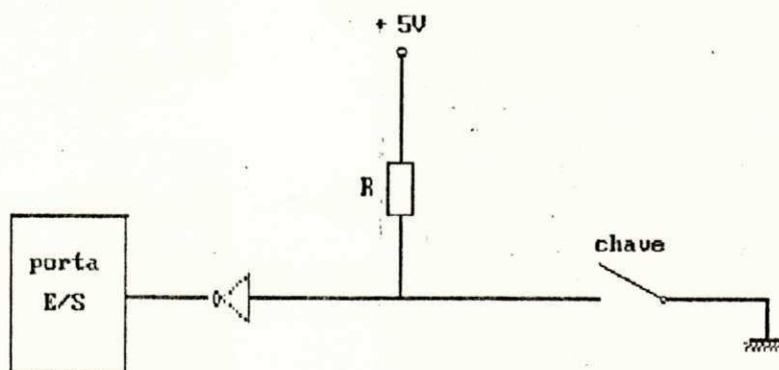


Fig. 6.3: Estrutura para simular uma das Entradas Digitais

Embora a porta de E/S (porta D) utilizada para as entradas digitais só permita a utilização de 5 entradas , pode-se ter o acréscimo do número de entradas à partir da utilização de outras portas de E/S do microcontrolador, onde se possa programá-las como entrada ou saída, e da utilização de um multiplexador para seleção dos sinais de entrada.

Um exemplo desta estrutura é mostrada na figura 6.4, onde pode-se observar a disponibilidade de 16 entradas digitais.

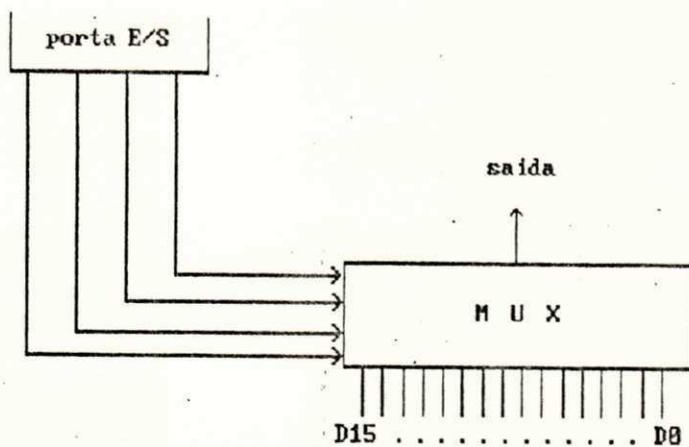


Fig.6.4: Expansão das Entradas Digitais Utilizando Multiplexador

### VI.2- Resultados Obtidos

A figura 6.5 mostra o resultado de um teste realizado no laboratório de Automação e Processamento de Sinais (LAPS) da UFPB, onde um evento foi programado para armazenamento de uma das grandezas do sistema elétrico (tensão), sendo o evento programado para registro no dia 15/12/90, sendo este detectado às 18:30:40 H.

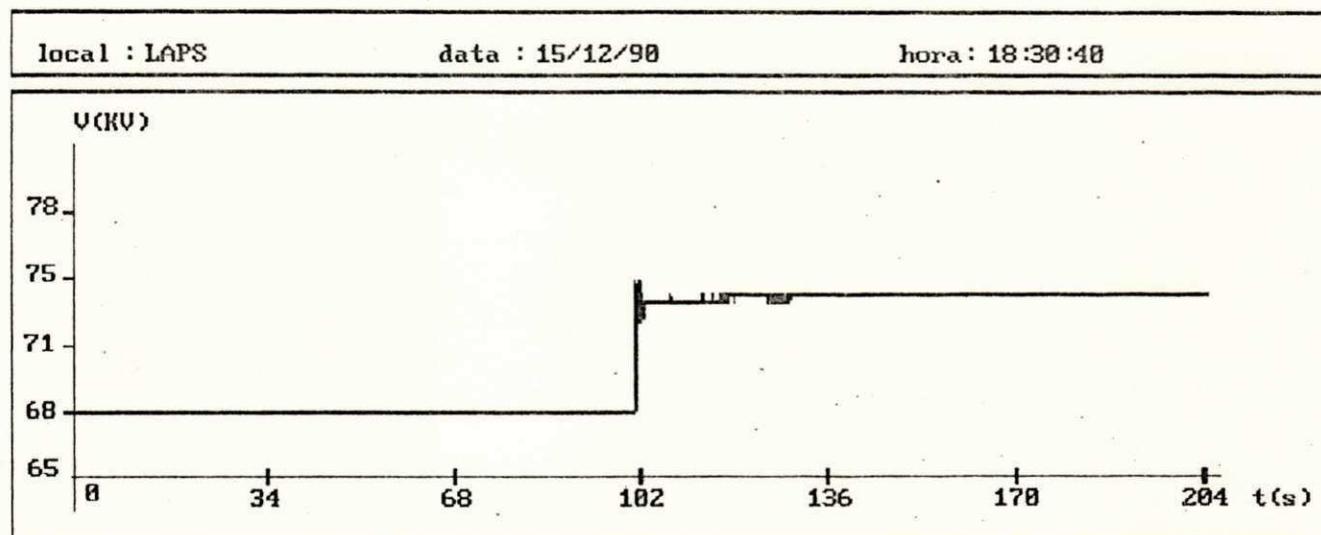


Fig. 6.5: Resultado de um teste realizado para validação do sistema proposto

No teste, é definida a lógica para armazenamento dos valores relativos à grandeza escolhida, de acordo com a seguinte expressão:  $(A0 > 74KV) \cdot (D0 \cdot D1)$ .

De acordo com esta expressão, quando as chaves relativas às entradas digitais D0 e D1 estão com nível lógico 1, ou seja, quando estão fechadas, e quando o valor de entrada analógica referente ao canal de tensão apresenta valor acima de 74 KV, é caracterizado um evento, sendo os dados armazenados antes e após o evento programado.

Deve-se observar que o valor para comparação com a entrada analógica (74 KV), corresponde a uma tensão entre 0 e 5 V para uma faixa de variação da grandeza de 65 a 75 KV (Eq.5.3).

Com os valores da grandeza correspondentes ao evento programado, armazenados em disquete, tem-se a análise gráfica do comportamento da grandeza ao longo do tempo (Fig.6.5).

### VI.3-Resumo

Este capítulo abordou os testes realizados para validação do sistema proposto. Mostrou a simulação dos sinais analógicos e digitais do sistema elétrico e alguns resultados obtidos com a simulação.

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSÃO E PROPOSTAS

Os objetivos iniciais deste trabalho foram alcançados. Foram realizados testes para validação do registrador de perturbação proposto, definindo-se uma lógica de gatilho para registro de uma perturbação, testando-se assim as unidades de aquisição e processamento de dados.

Para a realização destes testes foram implementados programas para as unidades de aquisição e processamento de dados, tendo-se assim a aquisição de dados de um evento pré-programado e a análise gráfica dos dados adquiridos do sistema testado.

Na conclusão deste trabalho, vislumbramos algumas evoluções possíveis, de modo a torná-lo mais flexível.

- Software:

A definição da lógica de gatilho mais flexível, de modo que se possa definir diferentes tipos de perturbações nos vários pontos do sistema elétrico, tendo-se o registrador de perturbação monitorando estes diversos pontos do sistema. Para isto pretende-se tornar a interface homem-máquina mais "amigável", de modo que o operador do sistema possa definir da melhor maneira possível os parâmetros do sistema.

O desenvolvimento de funções que auxiliem na análise gráfica do comportamento das grandezas do sistema elétrico, por exemplo, ter-se a possibilidade de analisar diversos pontos dos gráficos das grandezas com fator de zoom simultâneo nas curvas.

- Hardware:

Implementação de um protótipo através de circuitos, que possa caracterizar fenômenos transitórios. Com isto podem ser efetuados testes do registrador de perturbação com suas unidades de aquisição e processamento de dados, antes de levá-lo ao campo para monitoração do sistema elétrico.

Substituição do transdutor convencional, seu circuito de condicionamento de sinal e os A/D's (fig. 3.1), utilizados neste trabalho, por um transdutor de potência trifásica digital, desenvolvido no Laboratório de Automação e Processamento de Sinais - LAPS da UFPB [Albuquerque e Moraes, 1989], o qual possui uma resposta mais rápida em relação aos transdutores convencionais.

No transdutor de potência trifásica digital todas as saídas requeridas são diretamente obtidas na forma binária, para cada ciclo de tensão (16.6 ms) do sistema elétrico.

Além dos desenvolvimentos a nível de software e hardware acima mencionados, pode-se prever a utilização deste trabalho como ferramenta de planejamento. Pode-se ter por exemplo, a utilização deste trabalho em conjunto com um sistema de controle de sobrecarga de transformadores [Almeida, 1991]. Neste caso o registrador proposto teria a função de aquisição de dados dos parâmetros dos transformadores antes e após a sobrecarga, tendo-se posteriormente um estudo "off-line" do seu comportamento.

Os recursos incluídos no registrador de perturbações na análise de distúrbios nos sistemas elétricos, justifica o interesse da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) na

do seu comportamento.

Os recursos incluídos no registrador de perturbações na análise de distúrbios nos sistemas elétricos, justifica o interesse da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) na implantação deste sistema. Esta implantação se faz necessária, principalmente em locais que apresentam problemas de estabilidade e problemas de sobretensões, como é o caso das subestações de Boa Esperança e Fortaleza, a primeira durante o início da ligação da usina de Tucuruí ao sistema e a segunda pela presença do compensador estático que traz alterações substanciais no desempenho do sistema.

## APÊNDICES

Os apêndices apresentados a seguir, referem-se às telas que representam as funções de definição dos parâmetros para execução da lógica de gatilho e análise dos dados adquiridos referentes às grandezas do sistema elétrico. Os apêndices também apresentam os fluxogramas da estrutura de software da UAD e da UPD.

APÊNDICE A - TELAS DAS FUNÇÕES DO PROGRAMA DA UPD

APÊNDICE A1

TELA DE DEFINIÇÃO DOS PARAMETROS PARA AQUISIÇÃO DE DADOS

* DEFINIÇÃO DA LÓGICA DE GATILHO *	
Entre com os canais:	1 - Tensão 2 - Potência Ativa 3 - Potência Reativa 4 - Frequência
Local:	
Escreva a expressão:	
Período de amostragem em (ms) - min: 64us / max: 100ms -	
Tempo para aquisição antes da perturbação em (s) - min: 0s / max: 102s-	
Tempo para aquisição após perturbação em (s) - min: 0s / max: 102s -	
Tecla algo para aquisição	

APÊNDICE A2.1

TELA DE SELEÇÃO DE ARQUIVOS

DIRETORIO				
EUR0905R.\$MK	ARA15020.\$SK	GUA1032N.\$JL	REC1150ã.\$NL	NAT0920-.\$QL
<del>FOR1030L.\$PK</del>	AFR12030.\$EL	AME0933-.\$KL	BAH1507ã.\$OL	CAM1425-.\$QL
MAC1200I.\$SK	BEL1726E.\$FL	PAR1317-.\$KL	FLO2012ã.\$OL	TIP16560.\$QL

<F1> - Posiciona cursor      PgUp/PgDn - Posiciona pagina  
<Enter> - Seleciona arquivo

APÊNDICE A2.2

TELA COM PARAMETROS DO ARQUIVO SELECIONADO EM A2.1

Parametros de monitoracao
Arquivo: FOR1030L.\$PK
SubEstacao: Fortaleza
Expressao para Aquisicao: (A0>74).(D1.D2)
Canais Ativos: - Tensao -
Hora da Perturbacao: 10:30:40
Data da Perturbacao: 16/11/98

Tecla algo para continuar ou <Esc> para retornar.

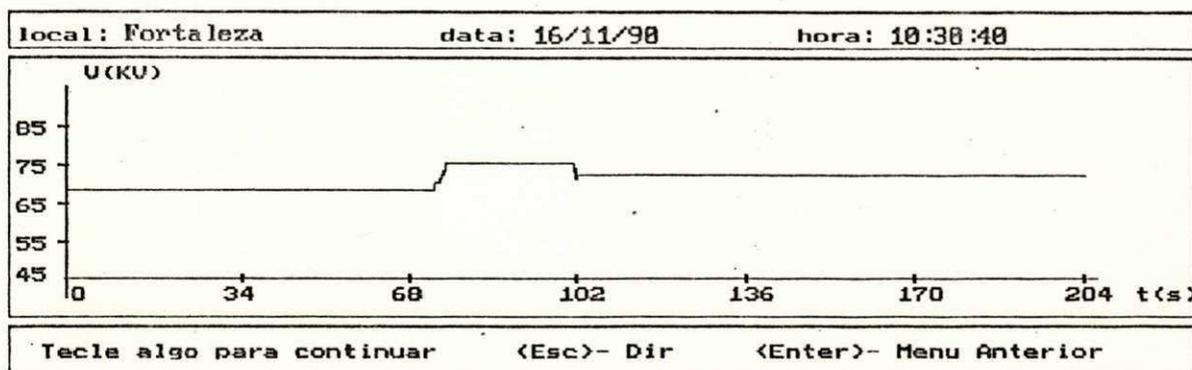
APÊNDICE A3

TELA DO MENU DAS GRANDEZAS MEDIDAS

<b>* Menu das grandezas medidas *</b>
<b>1.Tensao</b> <b>2.Pot.Ativa</b> <b>3.Pot.Reativa</b> <b>4.Frequencia</b>
<b>Escolha sua opcao para verificacao do grafico:</b>

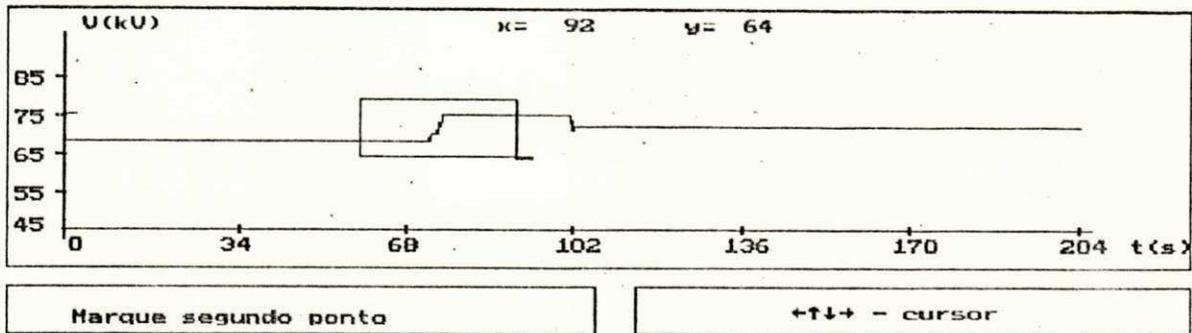
APÊNDICE A4

TELA DO GRÁFICO DE UMA DAS GRANDEZAS DO SISTEMA, CONTIDA NO ARQUIVO SELECIONADO EM A2.1



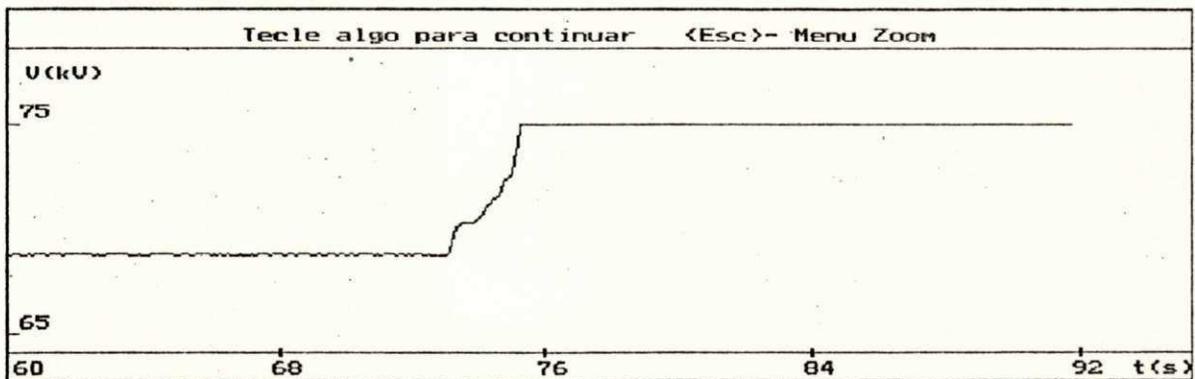
## APÊNDICE A5.1

### TELA DE SELEÇÃO DE ÁREA PARA AMPLIAÇÃO



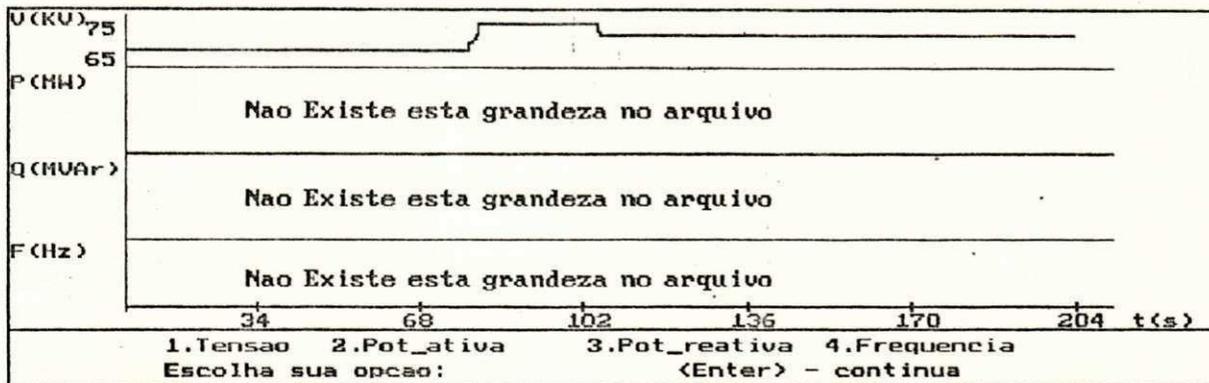
## APÊNDICE A5.2

### TELA DE ZOOM DE AREA SELECIONADA EM A5.1



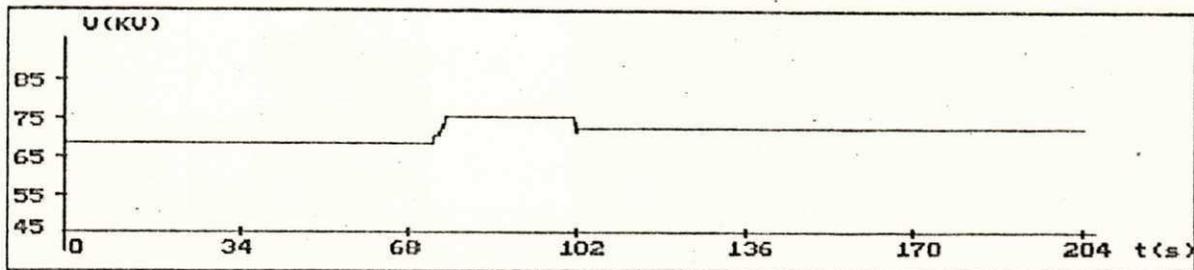
APÊNDICE A6

TELA PARA A GERAÇÃO DE CURVAS



## APÊNDICE A7.1

### TELA DE DEFINIÇÃO DE PARAMETROS PARA MODIFICAÇÃO DO GRÁFICO



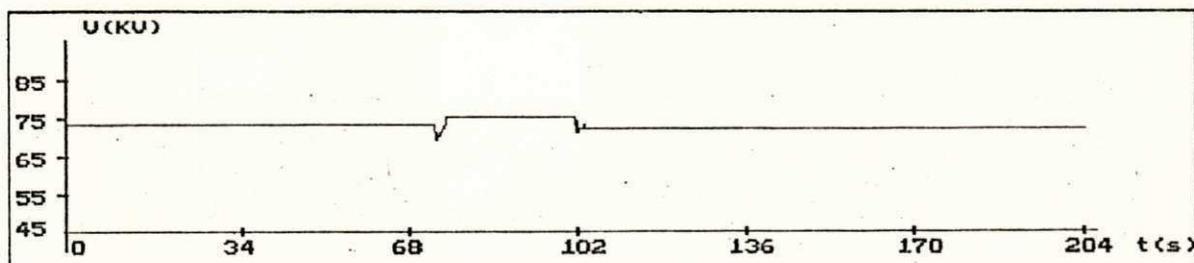
Entre com valor a ser testado: < 69 KV

Entre com valor para modificar grafico: 73 KV

Entre com nome do novo arquivo: A: Teste

## APÊNDICE A7.2

### TELA DO GRÁFICO MODIFICADO



Tecla algo para retornar ao Menu de Tarefas

APÊNDICE A8

TELA DA TABELA COM ALGUNS VALORES DE UMA DAS GRANDEZAS EM UNIDADE DE ENGENHARIA DO ARQUIVO SELECIONADO EM A2.1

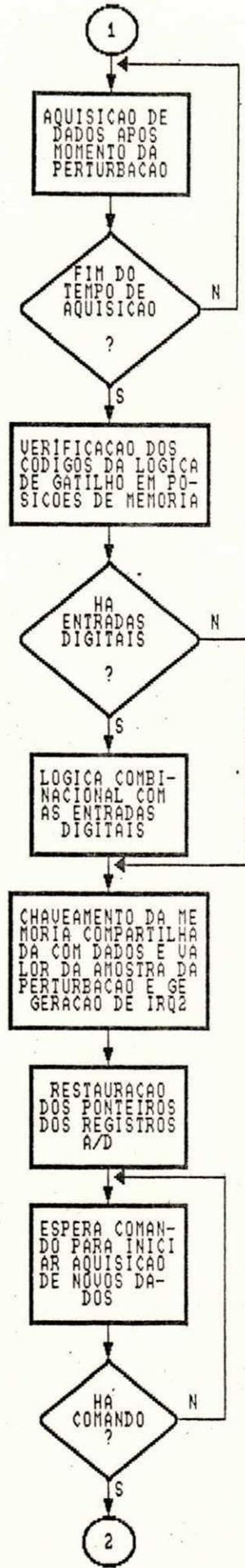
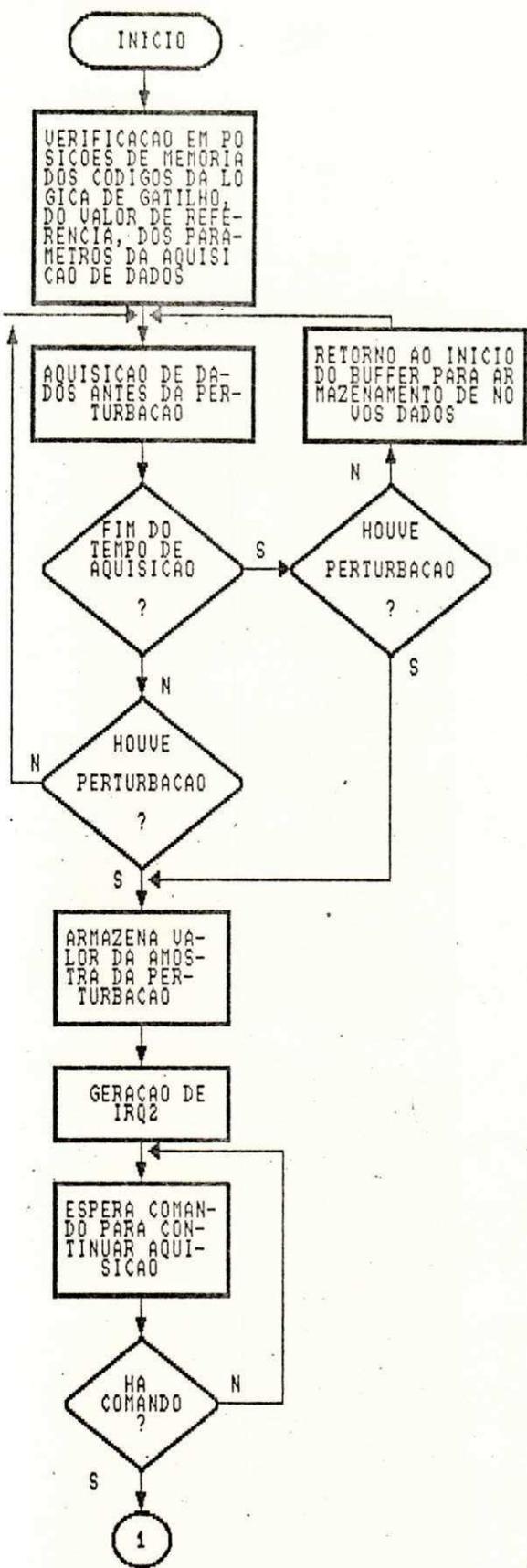
hora: 10:30:40		data: 16/11/98		Grandeza: Tensao (KV)	
68	68	68	68	68	69
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	70
68	68	68	68	68	71
68	68	68	68	68	71
68	68	68	68	68	71

Pressione algo para Continuar e <S> para Retornar !!

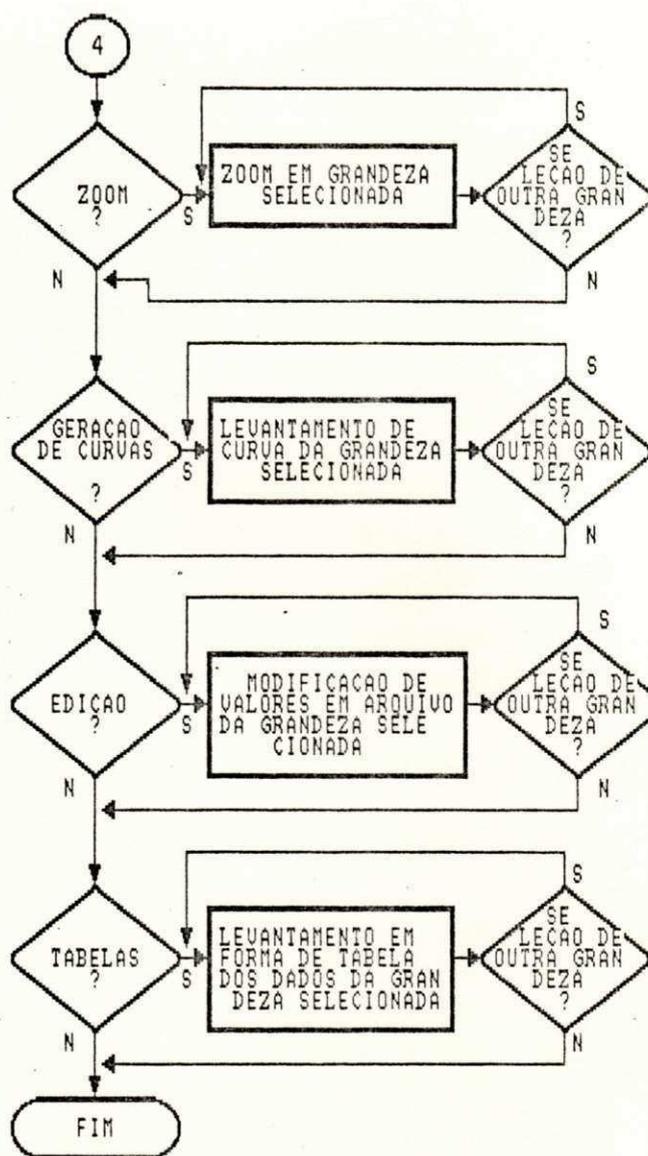
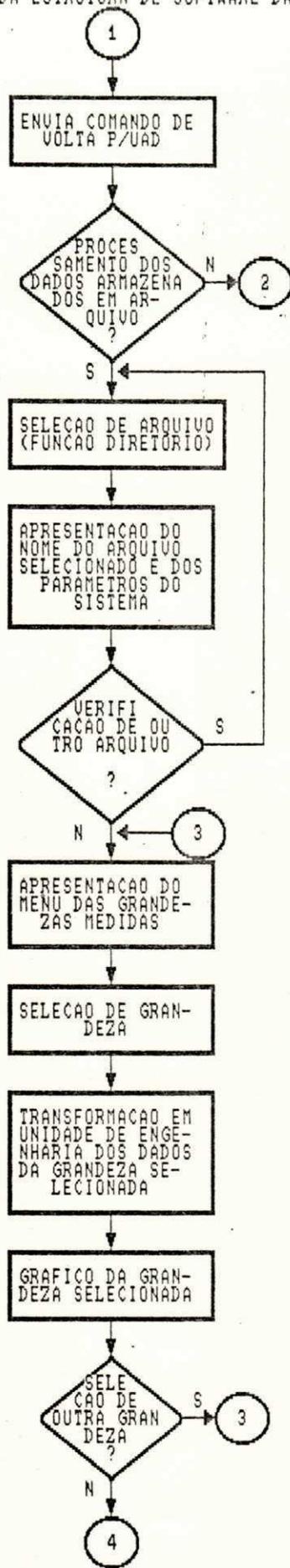
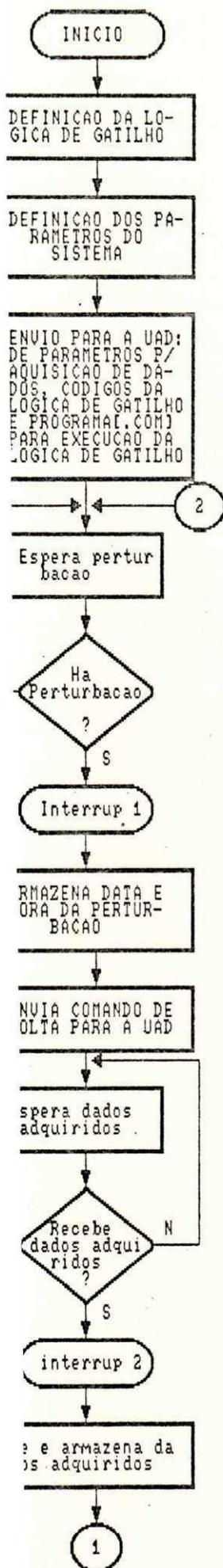
## APÊNDICE B

Fluxogramas das unidades de aquisição de dados (UAD) e processamento de dados (UPD).

APENDICE B1 - FLUXOGRAMA DA ESTRUTURA DE SOFTWARE DA UAD



APENDICE B2 - FLUXOGRAMA DA ESTRUTURA DE SOFTWARE DA UPD



Interrup 1 - Interrupcao gerada pela placa microcontroladora para registro de data e hora de ocorrencia de perturbacao.

Interrup 2 - Interrupcao gerada pela placa microcontroladora para armazenamento de dados anteriores e posteriores a perturbacao.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Albuquerque, F.C. & Morais, M.E., (1989). "Transdutor de Potência Trifásica Utilizando Microprocessadores". Anais do 1 Encontro Regional de Automação e Instrumentação - ES, STA: 78-83.
- [2] Almeida, S.J.M., (1991). "Supervisão e Controle de Sobrecarga em Transformadores de Potência Baseado em Microcontrolador". Dissertação de Mestrado, Campina Grande-PB.
- [3] Anônimos, (1984). "Necessidades e Requisitos Básicos de Registradores de Transitórios para Análise do Desempenho do Sistema". CHESF RT-DOEL.
- [4] Arakaki, R., et al., (1990). "Fundamentos de Programação C - Técnicas e Aplicações". Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro.
- [5] Ashmole, P.H. & Di Caprio, U., (1988). "Recorders for Longer Term System Disturbances on the CEGB and ENEL Systems". IEEE Transactions on Power Systems., february, pp 137-141.
- [6] Bronzeado, H.S., (1986). "Conceito, Avaliação, Análise e Controle dos Distúrbios Causados pela Operação de Consumidores Especiais". I Ciclo de Palestras de Estudos e Planejamento da Operação de Sistemas., Salvador-Ba.
- [7] Calcon Tecnologia S/A, (1987). "SIC - Sistema de Identificação e Modelagem de Cargas". Anexo DACI - DOAT.
- [8] Choi, S.S. & Carison, P.J., (1987). "Development and Application of a Power-System Digital Transient Recorder". IEEE Proceedings, september, pp 368-376.
- [9] Comitê de Estudo 34, (1987). "Técnicas Digitais Aplicadas a

Subestações e Usinas - Aspectos de sua Implementação no Brasil". Proteção, Automação e Controle - Pretorado pelo GT34-02, CIGRE.

- [10] Costa, E.A.C., et al., (1990). "Desenvolvimento de um Registrador Digital de Perturbação nos Sistemas Elétricos". 8º Congresso Brasileiro de Automática., setembro, pp 902-907.
- [11] Costa, E.A.C., (1991). "Programas das Unidades de Aquisição e Processamento de Dados". Universidade Federal da Paraíba (CCT) - Relatório Interno. Campina Grande-PB.
- [12] D'Ajuz A., et al., (1987). "Transitórios Elétricos e Coordenação de Isolamento - Aplicação em Sistemas de Potência de Alta Tensão". Furnas, Centrais Elétricas S.A., Rio de Janeiro.
- [13] Dovan, T. & Dillon, T.S. & Berger, C.S. & Forward, K.E., (1987). "A Microcomputer Based On-Line Identification Approach to Power System Dynamic Load Modelling". IEEE Transactions on Power Systems, August, pp 529-536.
- [14] Elgerd, O.I., (1976). "Introdução à Teoria de Sistemas de Energia Elétrica". McGraw-Hill, São Paulo.
- [15] Farias, M.F.S., (1988). "Implementação de um Algoritmo para Modelagem de Carga em Função da Tensão e da Frequência". Dissertação de Mestrado, agosto.
- [16] Filho, J.P. & Bonatti, I., (1990). "Técnica de Simulação Alternativa na Análise de Transitórios Eletromagnéticos". 8º Congresso Brasileiro de Automática., setembro, pp 524-529.
- [17] Hoffman, P. & Nicoloff, T., (1987). "MS-DOS - Guia do

Usuário". McGraw-Hill, São Paulo.

- [18] Inicieto, F. & Capasso, A., (1974). "Dynamic Equivalentents of Synchronous Motor Loads in System Stability Studies. IEEE Trans. Pas-93, Sept/Oct, pp 1650-1659.
- [19] Júnior, H.A.N. & Tibúrcio, J.C., (1990). "Um Algoritmo Eficiente para a Análise de Curto-Circuito em Sistemas Elétricos de Potência". 8º Congresso Brasileiro de Automática., setembro, pp 649-652.
- [20] Kent, M.H. & Crackin, W.Mc. & Wheeler, L.M., (1969). "Dynamic Modeling of Loads in Stability Studies". IEEE Trans. Pas-88, Mai.
- [20] Leal, J.W.P., (1990). "Projeto e Implementação de uma Placa Inteligente com Microcontrolador MC 68HC11, Compatível com Vias IBM - PC para Aquisição e Processamento de Dados". Universidade Federal da Paraíba (CCT), Campina Grande.
- [21] Lee, D.C., (1988). "System Disturbance Monitoring in Ontario Hydro". IEEE Transactions on Power Systems., february, pp 144-148.
- [22] Lee, R.E. & Osborn, R.H., (1985). "A Microcomputer Based Data Acquisition System for High Impedance Fault Analysis". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems., october, pp 2748-2753.
- [23] Mota, W.S., (1986). "Simulação Dinâmica de Sistemas de Potência". Universidade Federal da Paraíba (CCT) - Publicação Interna, Campina Grande.
- [24] Nguyen, C.T. & Robichaud, Y. & Podesto, B. & Hung, S.Y.M., (1978). "Determination of Power System Load Characteristics

Using a Digital Data Acquisition System". CIGRE.

- [25] Odenberg, R. & Braskich, B.J., (1985). "Measurement of Voltage and Current Surges on the AC Power Line in Computer and Industrial Environments". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, october, pp 2681-2691.
- [26] Ohyama, T. & Watanabe, A. & Nishimura, K. & Tsuruta, S., (1985). "Voltage Dependence of Composite Loads in Power Systems". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, November, pp 3064-3073.
- [27] Oliveira, J.C. & Bronzeado, H.S., (1988). "Utilização de Diagramas Poligonais na Análise de Componentes Harmônicas em Instalações Multiconversoras". Informe Técnico - Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF)., Recife.
- [28] Perry, D.E. & Battisto, T.L. & Taylor, C.W. (1988). "Power System Dynamic Performance Monitoring at BPA". IEEE Transactions on Power Systems., february pp 134-137.
- [29] Sabir, S.A.Y. & Lee, D.C., (1982). "Dynamic Loads Models Derived from Data Acquired During System Transients". IEEE Trans. Pas-93, Sept.
- [30] Searle, B.C. & Freberg, D.E., (1975). "Tutorial: Microprocessor Applications in Multiple Processor Systems". Computer, october, pp 22-29.
- [31] Schildt, H., (1988). Turbo Pascal Avançado. McGraw-Hill, São Paulo.
- [32] Schnupp, P. & Floyd, C., (1978). "Software - Programmentwicklung und Projektorganisation". Berlin
- [33] The IEEE Task Force on Instrumentation for System Dynamic Performance, (1987). "Instrumentation for Monitoring Power

System Dynamic Performance". IEEE Transaction on Power Systems, February, pp 145-152.

[34] Venikov, V., (1977). Transient Processes in Electrical Power Systems. Mir Publishers, Moscow.